



SAVONIA

■ OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO
TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA

HAPETUSLAITTEET KUOPION KAUPUNGIN PIENVESIEN KUNNOSTUSPROJEKTEISSA

TEKIJÄ: Teemu Väänänen

Koulutusala			
Tekniikan ja liikenteen ala			
Koulutusohjelma			
Ympäristötekniikan koulutusohjelma			
Työn tekijä			
Teemu Väänänen			
Työn nimi			
Hapetuslaitteet Kuopion kaupungin pienvesien kunnostusprojekteissa			
Päiväys	17.5.2013	Sivumäärä/Liitteet	56
Ohjaaja			
Pasi Pajula, yliopettaja			
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppanit			
Kuopion kaupunki, Pienvesityöryhmä & Kalataloustoimisto, Eila Pulkkinen, ympäristönsuojelusuunnittelija ja Esko Pekkarinen, kalastusmestari.			
Tiivistelmä			
<p>Tämä opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää Kuopion kaupungin keskeisellä kaupunkialueella sijaitsevien pienvesien hapetuslaitteiden toimintaa. Selvityksessä pyrittiin saamaan selkeä kuva käytetyistä laitteista, niiden yleisestä toiminnasta, toiminnan vaikutuksista lampien vedenlaatuun ja mahdollisista ongelmista. Kuopion kaupungin keskeisellä kaupunkialueella sijaitsee noin 20 lampea. Rakennettu ympäristö aiheuttaa suuria haasteita näiden vesistöjen vedenlaadulle. Lampien vedenlaadut ovat heikentyneet valuma-alueella tehtyjen muutosten vuoksi. Lampien käytettävyyden ja elinvoimaisuuden turvaamiseksi on lampien hoitoon ja kunnostukseen kiinnitettävä huomiota. Kunnostusprojekteja on aloitettu useilla lammilla ja kahdeksalla lammella on aloitettu lammen alusveden happipitoisuuden parantamiseksi hapetuslaitteen käyttö. Hapetuslaitteiden käyttäminen pienvesien kunnostuksessa on tehokas tapa pitää lammen vesimassa hapekkaana ja parantaa useita tekijöitä lammen fysikaalis-kemiallisessa toiminnassa. Lampien tyypillisiä ongelmia ovat liiallisesta ravinnekuormituksesta johtuvat haitat kuten pohjanläheisen vesikerroksen hapettomuus ja siitä aiheutuva sisäinen kuormitus, talviaikaiset kalakuolemat ja eliöstön ja kasviston yksipuolistuminen.</p> <p>Opinnäytetyön tekemiseksi kerättiin aineistoa niin julkisista kuin Kuopion kaupungin omista tietokannoista sekä etsittiin tietoa alaan liittyvästä kirjallisuudesta. Haastatteleamalla hapetuslaitteiden toiminnasta vastaava kaupungin kalastusmestaria Esko Pekkarista saatiin selkeä kuva laitteiden varsinaisesta toimintavarmuudesta sekä ongelmista.</p> <p>Opinnäytetyölle asetetut tavoitteet saavutettiin pääpiirteittäin hyvin. Vedenlaadun muutosten tarkempi tarkastelu olisi mahdollisesti tuonut lisäarvoa työlle mutta selvityksen tarkkuuteen sopi paremmin laveampi tarkastelu. Laitteiden toiminnan ja ongelmien selvitys onnistui hyvin ja saatiin kirjattua ylös asioita, jotka ovat aiemmin olleet suullista tietoa. Opinnäytetyön tuloksia voidaan käyttää tilaajan toimesta hapetuslaitteiden toiminnan esittelyyn ja hapetusprojektien toiminnan kehittämiseen.</p>			
Avainsanat			
lammet, hapetuslaitteet, Kuopio, pienvedet			

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme in Environmental Technology			
Author Teemu Väänänen			
Title of Thesis Aeration devices in the small water rehabilitation projects in the city of Kuopio			
Date	17.May.2013	Pages/Appendices	56
Supervisor Mr. Pasi Pajula, Principal Lecturer			
Client Organisation /Partners City of Kuopio, Mrs. Eila Pulkkinen, Environmental Protection Planner & Mr Esko Pekkarinen, Master of Fishing			
<p>Abstract</p> <p>The goal of this thesis was to make a research about the aeration devices used in small water areas in the central city area of Kuopio. There are around 20 small lakes situated in the central city area of Kuopio. The built environment implements great challenges to the water quality of these small lakes. Construction in the drainage basin of the small lakes causes the water quality to weaken at a very fast pace. The restoration of these small lakes must be taken into consideration to secure the usability and vitality of these natural ecosystems.</p> <p>The main methods used in this thesis were a literature review, collection of water quality data and interviews with persons working with these aeration devices. General functioning, the effects that these devices have on the small lakes and the most frequently occurring problems were discovered using these methods.</p> <p>As a result, a comprehensive research about the functioning of the aeration devices was achieved. The impacts that aeration devices have on these small lakes were researched in quite a broad manner if seen from a limnology point of view. The conclusions made of the water quality may not have been the most accurate but the general direction of the water quality was still always quite clear. In general, the goals set for the thesis were achieved.</p>			
<p>Keywords</p> <p>Pond, Aeration device, Kuopio,</p>			

ESIPUHE

Tämä opinnäytetyö tehtiin yhteistyössä Kuopion kaupungin ympäristönsuojelupalveluiden ja kalataloustoimiston kanssa. Haluan kiittää sujuvasta yhteistyöstä ympäristönsuojelusuunnittelija Eila Pulkista ja kaupungin kalastusmestaria Esko Pekkarista pitkäjänteisestä ja asiantuntevasta avusta, jota ilman työtä ei olisi olemassa. Kiitokset myös yliopettaja Pasi Pajulalle, joka toimi työn ohjaajana. Sujuva kommunikointi ja yhteydenpito varmistivat aikataulussa pysymisen ja tehokkaan lopputulokseen pääsyn. Kiitos myös Vesi Eko Oy:n toimitusjohtaja Erkki Saarijärvelle, joka antoi arvokasta tietoa ja näkemystä opinnäytetyön suunnitteluvaiheessa.

Kuopiossa 17.5.2012

Teemu Väänänen

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	7
2	VESISTÖJEN KUNNOSTUS JA HAPETUS KUNNOSTUSMENETELMÄNÄ.....	9
2.1	Suomalainen järviluonto	9
2.2	Vesistöjen rehevöityminen	9
2.3	Lampien kunnostuksen perusteet.....	12
2.4	Hapetus lampien kunnostuksessa.....	13
2.5	Hapen vaikutus sisäisen kuormituksen käynnistymiseen	13
3	HAPETINLAITTEET	15
3.1	Hapetinlaitteiden yleiset toimintaperiaatteet	15
3.2	Kuopion lammissa käytettyjen laitteiden toiminta	17
4	KUOPION LAMMILLA KÄYTETTÄVIEN LAITEIDEN KOKOONPANOT	21
5	HAPETETTAVAT LAMMET	23
5.1	Iso- Valkeinen	23
5.1.1	Valuma-alue	24
5.1.2	Lammen hapetusprojekti	24
5.1.3	Vedenlaadun kehitys	24
5.1.4	Projektin toimivuus ja tulokset	26
5.2	Kivilampi	26
5.2.1	Valuma-alue	27
5.2.2	Lammen hapetusprojekti	27
5.2.3	Vedenlaadun kehitys	27
5.2.4	Projektin toimivuus ja tulokset	29
5.3	Leväsenlampi.....	30
5.3.1	Valuma-alue	30
5.3.2	Lammen hapetusprojekti	30
5.3.3	Vedenlaadun kehitys	31
5.3.4	Projektin toimivuus ja tulokset	32
5.4	Petosenlampi	32
5.4.1	Valuma-alue	33
5.4.2	Lammen hapetusprojekti	33
5.4.3	Vedenlaadun kehitys	33

5.4.4	Projektin toimivuus ja tulokset	35
5.5	Pitkälampi	35
5.5.1	Valuma-alue	36
5.5.2	Lammen hapetusprojekti	36
5.5.3	Vedenlaadun kehitys	37
5.5.4	Projektin toimivuus ja tulokset	39
5.6	Sammakkolampi	39
5.6.1	Valuma-alue	40
5.6.2	Lammen hapetusprojekti	40
5.6.3	Vedenlaadun muutokset	41
5.6.4	Projektin toimivuus ja tulokset	41
5.7	Keskustan Valkeinen	42
5.7.1	Valuma-alue	43
5.7.2	Lammen hapetusprojekti	43
5.7.3	Vedenlaadun kehitys	43
5.7.4	Projektin toimivuus ja tulokset	44
5.8	Pölläkanlahti	45
5.8.1	Valuma-alue	46
5.8.2	Lammen hapetusprojekti	46
5.8.3	Vedenlaadun kehitys	46
5.8.4	Projektin toimivuus ja tulokset	47
6	KUOPION LAMMILLA KÄYTETTÄVIEN LAITTEIDEN YLEISIMMÄT ONGELMAT	48
6.1	Mixox-laitteen ongelmat	48
6.2	Visiox-laitteen ongelmat	49
6.3	Aqua turbo -laitteen ongelmat	49
6.4	Waterix-laitteen ongelmat	50
7	LAITTEIDEN MITOITUS, VALINTA JA VAIKUTUKSET	52
7.1	Matalien järvien laitevalinta ja mitoitus	52
7.2	Laitteiden kustannukset	53
7.3	Laitteiden vaikutukset lampien vedenlaatuun	53
8	JOHTOPÄÄTÖKSET	55
	LÄHTEET	56

1 JOHDANTO

Suomen rikkautena on perinteisesti pidetty puhtaita vesistöjä. Suurien vesistöjen kanssa tilanne onkin usein näin mutta tarkasteltaessa lampia ja erityisesti asutun alueen läheisyydessä sijaitsevia lampia, havaitaan usein hyvin nopeaa vedenlaadun heikkenemistä ja rehevöitymistä. Yksi Kuopion kaupungin ominaispiirteitä on sen sijainti hyvin vesistörikkaalla alueella, jossa kaupunkirakennetta halkovat järvet, lahdet ja lammet. Vesistöt ovat tärkeä osa Kuopion kaupunkikuvaa ja niiden vedenlaadun ja käyttökelpoisuuden varmistaminen on yksi tärkeä osa terveen kaupunkiympäristön säilyttämisessä.

Tämän opinnäytetyön tarkoitus on selvittää Kuopion keskeisellä kaupunkialueella sijaitsevien lampien hapetuslaitteiden toimintaa ja toiminnassa esiintyviä ongelmia. Kuopion keskeisellä kaupunkialueella sijaitsee noin 20 lampea, joiden vedenlaadun takaaminen on Kuopion kaupungin vastuulla. Lammista kahdeksaan on päätetty sijoittaa hapetuslaite.

Työssä tutustutaan Kuopion keskeisellä kaupunkialueella sijaitseviin kunnostuksen kohteena oleviin lampiin ja näiden ympäristöihin. Käsiteltävät lammet ovat kooltaan melko pieniä ja niiden valuma-alueilla on huomattavasti rakennettua ympäristöä. Lampien kunnostuksessa haasteiksi nousevat juuri vesimassojen pieni tilavuus ja suuri kuormitus sekä voimakas lämpötilakerrostuneisuus, joka rajoittaa hapetuslaitteiden toimintaa. Vähähappisuudesta kärsivän lammen lämpötilakerrostuneisuus tulisi säilyttää erityisesti kesällä, sillä ravinteikkaan alusveden pääsy tuottavaan kerrokseen voi aiheuttaa voimakkaita leväkukintoja. Levätuotanto aiheuttaa lammessa jo olevan hapen loppuun kulumisen. Tästä syystä Kuopion kaupungilla on käytössä veden kerrostuneisuutta rikkomattomia hapetuslaitteita.

Hapetuslaitteiden toimintaan työssä perehdytään pitkälti tarkastelemalla laitteiden käyttökokemuksia ja laitteilla saavutettuja tuloksia lampien tilan kannalta. Laitteiden toiminnasta Kuopion kaupungin organisaatiossa vastaa kaupungin kalastusmestari Esko Pekkarinen, joka on tehnyt töitä Kuopion vesien hyväksi jo vuosikymmenten ajan. Työssä hyödynnetään paljon Esko Pekkariselta haastatteluissa saatuja tietoja. Laitteiden tarkastelussa keskittyminen ongelmatilanteisiin ja selkeisiin vedenlaadun muutoksiin on hyvin käytännöllinen lähestymistapa.

Hapetus muistuttaa usein varsinkin pienvesien tapauksessa tekohengityksen antamista. Vesistön vedenlaatuun vaikuttavat alkuperäiset syyt ovat todennäköisesti valuma-alueen suurissa kuormituksissa ja siten hapetuslaitteiden ulottumattomissa. Oikein suoritettu hapetus kuitenkin pitää lammen sisäisen kuormituksen kurissa ja ehkäisee kalakuolemia. Kaupunkialueella sijaitsevien lampien valuma-alueilta tulevien kuormitusten pienentäminen kustannustehokkaasti on usein lähes mahdotonta. Kuormitus muuttuu usein vain suuremmaksi uuden rakentamisen myötä ja siksi hapetuslaitteita käytetään yhä enemmän ja enemmän kaupunkialueen laajentaessa vaikutuksensa uusille alueille. Kuormituksen epäsuotuisa muutos aiheuttaa samalla myös hapetustarpeen jatkumisen. Hapetusprojektit ovatkin usein hyvin pitkäkestoisia ja lampia saatetaan joutua hapettamaan vuosikymmeniä. Hapetuksella voidaan saavuttaa hyviä tuloksia ilman tukevia hoitomuotoja kuten hoitokalastusta tai

fosforin kemiallista saostusta, mutta silloin pitkäaikaiset hyödyt jäävät usein vähäisiksi.

Opinnäytetyössä käsitellään ensin vesistöjä ja niiden kunnostusta. Tässä osiossa keskitytään pienveisiin ja erityisesti hapetukseen, joskin kokonaiskuvaa ei sovi unohtaa. Seuraavaksi työssä siirrytään Kuopiossa kunnostuksen kohteena oleviin lampiin ja niiden luonteeseen, vedenlaatuun ja ympäristöihin. Seuraavassa osiossa käsitellään hapetuslaitteita ja niiden toimintaa, ongelmia ja laskennallisia vaikutuksia. Sen jälkeen käsitellään hapetuslaitteiden kokoonpanoja Kuopion lammilla ja niiden vaikutuksia vesistöjen vedenlaatuun. Viimeisessä osiossa pyritään löytämään mahdollisia kehityskohteita hapetuslaitteiden käyttöön ja tarkastellaan johtopäätöksiä. Näin saadaan kattava kuva siitä miten hapetusprojektit on Kuopiossa toteutettu ja onko niiden toteutuksessa mahdollisesti kehitettävää.

2 VESISTÖJEN KUNNOSTUS JA HAPETUS KUNNOSTUSMENETELMÄNÄ

Vesistöt ovat yksilöitä ja jokaisella vesistöllä on ominaispiirteitä, joita voidaan pitää normaaleina kyseiselle vesistölle. Vesistölle tapahtuvat muutokset ovat vesistölle vain fysikaalis-kemiallisia muutoksia, jotka johtavat mahdollisesti lajistojen muuttumiseen. Muutokset ovat osa ekosysteemiä ja tapahtuvat usein hitaasti vuosien ja vuosisatojen kuluessa. (Ulvi & Laakso 2005,13.)

Muutokset muuttuvat negatiivisiksi vasta kun ihmiset kokevat lammen vedenlaadun heikkenneen tai muuttuneen epäsuotuisaan suuntaan. Usein tällaiset huomiot syntyvät suurten leväkukintojen tai hapettomuuden aiheuttamien kalakuolemien aiheuttamina. Useimpien Kuopion keskusta-alueen lampien vedenlaatua tarkkaillaan säännöllisesti kaksi kertaa vuodessa ja tarkkailua on jatkunut useissa tapauksissa jo kahdeksankymmentä luvulta lähtien. Täydelliset hapettomuuden jaksot pyritään normaalitilanteessa estämään. Äkillinen muutos tai onnettomuus valuma-alueella voi toki aiheuttaa suuriakin muutoksia lammen ekosysteemiin.

Vesistöjen kunnostuksessa on syytä yleensä käyttää useita rinnakkaisia menetelmiä. Osa kunnostusmenetelmistä kohdistuu valuma-alueelle ja osa suoraan vesistöön. Esimerkiksi hoitokalastuksella voidaan korjata ravintoketjun vääristymiä. Voimakkaan rehevöitymisen seurauksena olevia happikatoja voidaan taas korjata hapetus- tai ilmastusmenetelmillä. Pohjasedimentistä vapautuvaa liiallista fosforia voidaan uudelleen sitoa kemiallisilla menetelmillä. Joskus on mahdollista kasvattaa vesistön vedensyvyyyttä tai jopa virtaamaa, jotta vesistön tilaa saadaan parannettua. Jokaisen kunnostuksen kohteena olevan vesistön kohdalla on tehtävä räätälöityä kunnostus- ja hoitotoimintaa. Vesistön luontaiset ominaispiirteet on otettava huomioon asettaessa hoidolle ja kunnostukselle tavoitteita.

2.1 Suomalainen järviluonto

Järvet ovat yksi Suomen luonnon leimallisimpia piirteitä. Järvet ovat tärkeitä niiden läheisyydessä eläville ihmisille ja jokaisen mielessä on kuva hyväkuntoisesta järvestä ja siitä millainen oman lähijärven tulisi olla. Järvet ovat kuitenkin monimutkaisia ekosysteemejä joita muokkaavat lukuisat tekijät, kuten alueen maaperä, valuma-alue, järven koko ja sijainti, veden viipymä järvestä ja kasvien ja eläinten muodostama järven eliöyhteisö. Järvien luonne vaihtelee huomattavasti ympäri Suomea. Itä-Suomen vesistöt ovat tyypillisesti pinta-alaltaan suuria reittivesiä. Etelä- ja Lounais-Suomen järvet ovat pieniä, sameita ja maaperän vuoksi usein luontaisesti reheviä. Pohjois-Suomen järvet ovat karuja humusjärviä, joita usein säännellään vesivoiman tuotannon tarpeisiin ja Länsi-Suomen harvat järvet ovat erittäin tärkeitä alueen asukkaiden virkistyskäytön kannalta. (Sarvilinna & Sammalkorpi 2010, 9-10)

2.2 Vesistöjen rehevöityminen

Luonnon kiertokulku rehevöittää jatkuvasti vesistöjä. Sateet huuhtovat vesistöihin kiintoainetta ja ravinteita huolimatta ihmisten toimista. Suomen tapaisessa maassa jossa järviä on paljon ja järvien keskisyvyys usein melko matala on tämä luontainen rehevöityminenkin paikka paikoin havaittavissa.

Osana luonnon kiertokulkua ihminen vaikuttaa myös vesistöjen tilaan. Usein rehevöityminen on nopeutunut ihmisen toiminnan seurauksena. Tällöin valuma-alueella tehdyt toimenpiteet ovat lisänneet vesistön kuormitusta ja johtaneet nopeutuneeseen rehevöitymiseen. Toisaalta vesistöjen hoidon ja kunnostuksen avulla rehevöitymiskehitys on mahdollista pysäyttää ja joskus jopa mahdollista palata lähelle lammen luonnollista olotilaa.

Rehevöitymisen merkkeinä pidetään usein seuraavia muutoksia:

- kalaverkkojen ja rantakivien limoittuminen
- levien määrän kasvu ja leväkukinnat
- veden värin muuttuminen ja näkösyvyyden pieneneminen
- vesikasvien runsastuminen ja lajiston muuttuminen
- vesilintujen määrän ja lajiston muuttuminen
- kalaston muuttuminen: arvokalasaaliit vähenevät, särkikalat runsastuvat, ja järvellä voi esiintyä kalakuolemia
- hajuhaittojen ilmeneminen
- veden käyttäjien terveyshaitat: uimareiden ihottumat ja järvisyöhy, vettä juovien eläinten myrkytykset (Sarvilinna & Sammalkorpi 2010, 11).

Suomen Ympäristökeskuksen mukaan rehevöitymisellä tarkoitetaan kasvien perustuotannon kasvua, mikä johtuu lisääntyneestä ravinteiden saatavuudesta (Suomen Ympäristökeskuksen www-sivut). Järven rehevöityminen johtuu useimmiten siis ulkoisen ravinnekuormituksen liiallisesta kasvusta. Ravinteiden liiallinen joutuminen vesistöön aiheuttaa koko ravintoketjun muutoksen. Kasviplanktonin määrä lisääntyy ja sinileväkukinnat runsastuvat. Vesikasvillisuuden monimuotoisuus vähenee mutta biomassan määrä kasvaa. Rehevää ympäristöä vaativat lajit kuten järviruoko alkavat valtaamaan alaa muilta kasveilta. Kirkasta vettä suosivat kalat kuten siika, muikku, taimen ja made vähenevät ja petokaloista kuha sekä särkikalat menestyvät. Särkikalat sietävät erityisen hyvin rehevän vesistön vähähappista vettä ja voivat käyttää ravinnokseen myös vesikasveja ja sinilevää. (Sarvilinna & Sammalkorpi 2010,11- 12.)

Runsas kasvuston talviaikainen hajoaminen voi johtaa liukoisen hapen määrän voimakkaaseen vähenemiseen, joka voi johtaa rapujen ja kalojen joukkokuolemiin. Järvien pohjasedimentti sitoo itseensä normaalisti ravinteita. Järven tilan muuttuessa rehevöityneeksi voi järvessä alkaa sisäinen kuormitus, jossa järven pohjasta liukenee ravinteita veteen. Normaalin hyväkuntoisen vesistön pohjasedimentin rauta sitoo itseensä fosforia hapellisissa olosuhteissa. Pohjan vesikerroksen muodostuessa hapettomaksi alkaa pohjasedimentissä oleva rauta pelkistyä fosforin samalla liuotessa veteen. Vesistö, jonka sisäinen kuormitus on käynnistynyt voi pysyä rehevänä vaikka siihen kohdistuva ulkoinen kuormitus vähenisi huomattavasti. On siis järkevää pyrkiä estämään vesistön sisäisen kuormituksen toimintaa. (Sarvilinna & Sammalkorpi 2010,12.)

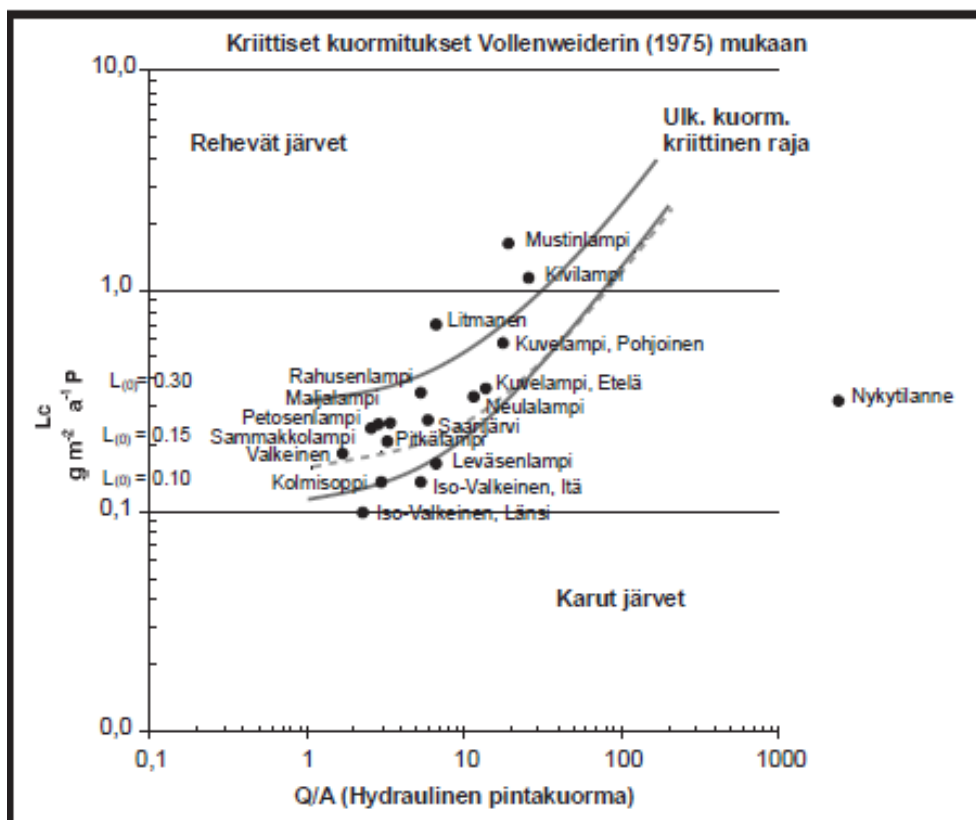
Vesistöjen muiden erojen lisäksi tässä työssä käsiteltävien lampien erityisenä ominaisuutena ovat sekä niiden pieni pinta-ala ja vähäinen tilavuus että niiden sijainti usein hyvin rakennetulla alueella. Nämä tekijät aiheuttavat lähes poikkeuksetta ongelmia vedenlaadulle. Lampien valuma-alueet ovat

Kuopion lammissa usein yli kymmenkertaiset lammen pinta-alaan verrattuna ja taulukosta 1 selviää että lampeen kohdistuvat pintakuormat ovat Vollenweiderin mallin mukaisesti hyvällä tasolla vain neljässä lammessa seitsemästätoista (Kuopion kaupunki 2007). Vollenweiderin mallin antamat tulokset ovat toki vain suuntaa-antavia, mutta lampien yleisen tilanteen hahmottamiseen menetelmä soveltuu. Vollenweiderin malli arvioi järven tai lammen fosforinsietoa nykyisen fosforikuormituksen ja lammen keskisyvyyden ja vuosiviipymän suhteena (Granberg & Granberg 2006).

	Pinta- kuorma (Vollen- weiderin malli)	Netto sedimen- taatio
Iso-Valkeinen, Itä	Hyvä	Hyvä
Iso-Valkeinen, Länsi	Hyvä	Hyvä
Kivilampi	Huono	Huono
Kolmisoppi	Hyvä	Hyvä
Kuvelampi, Etelä	Tyydyttävä	-
Kuvelampi, Pohjoinen	Tyydyttävä	Huono
Leväsenlampi	Hyvä	Hyvä
Litmanen	Huono	Huono
Maljalampi	Tyydyttävä	Huono
Mustinlampi	Huono	Huono
Neulalampi	Tyydyttävä	Huono
Petosenlampi	Tyydyttävä	Hyvä
Pitkälampi	Tyydyttävä	Hyvä
Rahusenlampi	Tyydyttävä	Huono
Saarijärvi	Tyydyttävä	Hyvä
Sammakkolampi	Tyydyttävä	Hyvä
Valkeinen	Tyydyttävä	Hyvä

Taulukko 1. Vollenweiderin mallin mukainen pintakuorma ja nettosedimentaatio Kuopion keskusta-alueen lammissa (Kuopion kaupunki 2007).

Vollenweiderin mallissa käytetään vesistön fosforikuormituksen siedon arviointiin kuvauksia huono, välttävä ja hyvä. Nämä sanalliset kuvaukset saadaan käyttämällä kuviossa 1 esiintyviä kahta ulkoiselle kuormitukselle käytettävää sietorajaa. Ylemmän rajan yli menevät arvot saavat kuvauksen huono ja tulevat mallin mukaan erittäin todennäköisesti kärsimään ulkoisen kuormituksen aiheuttamasta rehevöitymisestä. Välialueella olevien tyydyttävien vesistöjen riski rehevöitymiseen kasvaa kuormituksen kasvaessa ja alimman sietorajan alla olevat hyvän arvion saavat vesistöt kärsivät rehevöitymisestä vain epätodennäköisesti. Lampien kuntoa arvioitaessa voidaan käyttää myös nettosedimentaatio mallia, jossa vesistön kuntoa tarkastellaan vesistöön tilavuusyksikköä kohti tulevan fosforin määrää käyttäen. Nettosedimentaatiomallilla määritetyt arviot löytyvät taulukosta 1. Tämä malli on luotu suurille suomalaisille järville, joten sen soveltuvuus pienvesiin on melko heikko. (Kuopion kaupunki 2007.)



Kuvio 1. Kuopion pienvesien kriittiset kuormitukset Vollenweiderin mallin mukaan vuonna 2006 (Kuopion kaupunki 2007).

2.3 Lampien kunnostuksen perusteet

Ryhdyttäessä suunnittelemaan lammen kunnostusta on asiaa tarkasteltava useasta näkökulmasta. Ensimmäinen lähtökohta on yksinkertaisesti raha. Onko varaa kunnostaa lampea pitkäjänteisesti ja tehokkaasti. Onko kunnostava taho valmis mahdollisesti vuosikymmenien mittaiseen kunnostusprojektiin? Hapetus on aktiivinen kunnostusmenetelmä, jonka käytössä kuluu mekaanisia laitteita, sähköä ja työvoimaa. Kuopion kaupungin kokemusten perusteella tyypilliset kustannukset hapetinlaitteelle asennuksineen ovat noin 11 000€/kpl ja käyttökustannukset noin 3 000€/a. Laitteen uusiminen kustantaa noin 6 000€/kpl (Kuopion kaupunki 2007). Rahoituksen järjestyessä täytyy pohtia onko lampi kunnostettavissa hyötyyn suhteutettuna kohtuullisella panostuksella ja onko lammen kunnostuksella merkitystä lammen käytön kannalta.

Kuten aiemmin todettiin, on jokainen lampi yksilö sekä fysikaalis- kemialliselta olemukseltaan että valuma-alueeltaan. Lammen luontaisen tilan ollessa sellainen, että sen suojeleminen on järkevää, voidaan alkaa tarkastella valuma-alueelta tulevan valunnan määrää ja laatua. Vesistön luontainen kyky sietää ulkopuolelta tulevaa kuormitusta vaihtelee huomattavasti riippuen vesistön tilavuudesta, keskisyvyydestä ja viipymästä. Lähtökohtana voidaan kuitenkin pitää sitä, että kaikki luonnollisen huuhtouman päälle vesistöön tuleva kuormitus aiheuttaa muutoksia. (Ulvi & Laakso 2005, 24.) Kaupunkialueella sijaitsevien lampien muutokset ovat siis lähes väistämättömiä.

Hulevesien hallinnalla on Suomessa tarkoitettu ja osin tarkoitetaan yhä tänä päivänäkin hulevesien keräämistä viemäreihin ja johtamista vesistöön. Pidättämis- ja imeyttämiskäytännöt ovat vielä melko

lapsenkengissä. Vanhoilla asuinalueilla, joissa rakentaminen on viety hyvin pitkälle, voidaan huomata käytännössä täydellinen rakennetulta alueelta tulevien hulevesien käsittelyn puute. Hulevesien käsittelyn huomioiminen jo suunnitteluvaiheessa on usein ensiarvoisen tärkeää jos halutaan estää kaupunkialueella sijaitsevien lampien kiivas rehevöityminen.

2.4 Hapetus lampien kunnostuksessa

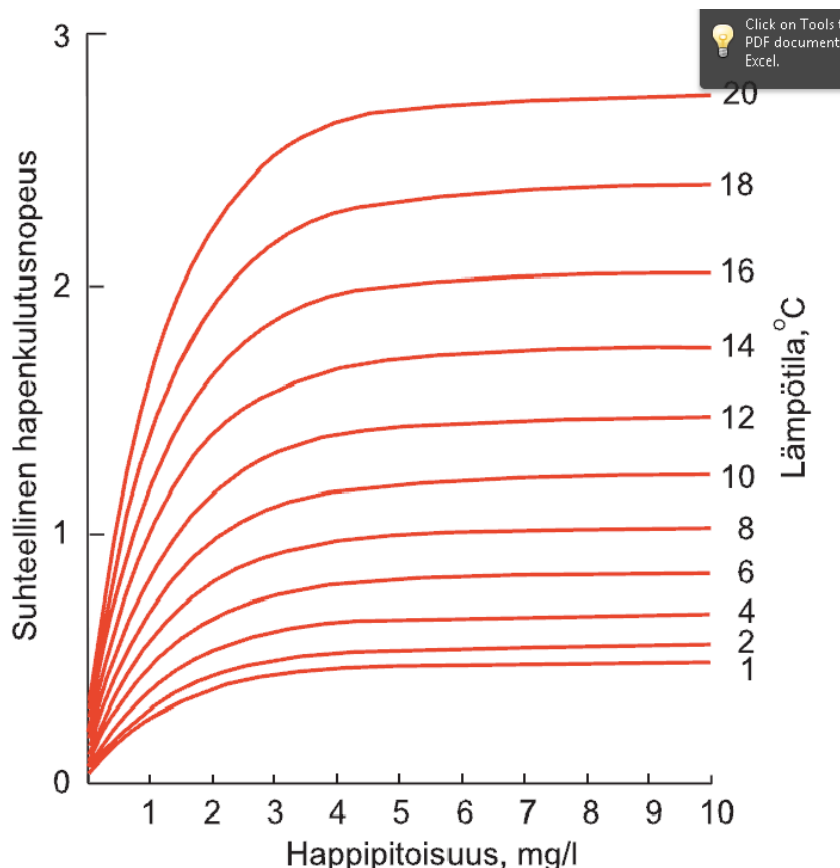
Hapettimen käytöllä lammen kunnostuksessa pyritään yleensä saavuttamaan useita tavoitteita. Kuopion alueella lammet ovat usein melko matalia ja niiden vesitilavuus on pieni verrattaessa tyypillisemmin kunnostettaviin järviin. Johtuen lampien pienestä pinta-alasta on lampien veden sekoittuvuus kesä aikaan tuulen ansiosta hyvin vähäistä. Tämä johtaa yhtenä tekijänä alueen lampien usein melko voimakkaaseen lämpötilakerrostuneisuuteen. Tämä vaikuttaa osaltaan myös siihen että vesi ei sekoitu kesäkuukausina. Lämpötilakerrostuneisuuden rikkominen kesäkuukausien aikana aiheuttaisi ravinteikkaan alusveden siirtymisen tuottavaan kerrokseen, mikä voi johtaa voimakkaisiin leväkukintoihin. Leväkukinnat aiheuttavat hajotessaan hapenkulutuksen voimakasta kasvua, mikä voi aiheuttaa hapen loppumisen koko vesimassasta. Tällaisissa pienvesissä on ensiarvoisen tärkeää käyttää hapetinlaitteita, jotka eivät riko luonnollista lämpötilakerrostuneisuutta kesällä.

Kuten sanottua hapettimien toiminnalla pyritään usein saavuttamaan useita tavoitteita. Huonokuntoisen lammen kunnostuksessa pyritään usein käynnistämään uudelleen lammen luontaista aerobista kulutus- ja hajotustoimintaa. Hapetuksella pyritään myös estämään fosforin liukenemista pohjasedimentistä ja hapettomissa olosuhteissa hajotuksesta syntyvien myrkyllisten yhdisteiden muodostumista. Typpikierron ja hiilikierron parantaminen on myös tärkeä seikka. Typpikiertoa parannetaan hapetuksen edistäessä ammoniumtypen hapettumista ja typen haihtumista ilmaan. Hiilen kiertoa parannetaan edistämällä lammen pohjalle kertyneen ylimääräisen biomassan hajoamisella. Nämä tekijät mahdollistavat lammessa elävien kalojen ja niiden saaliseläinten elinolojen paranemisen. (Ulvi & Laakso 2005, 153.) Hapetus vaikuttaa siis hyvin moneen tekijään lammen toiminnassa. Tämän riippuvuus tekee hapetuksesta oikein käytettynä hyvin toimivan keinon pienvesien kunnostukseen.

2.5 Hapen vaikutus sisäisen kuormituksen käynnistymiseen

Terveessä järvestä pohjan sedimentti sitoo itseensä suurimman osan järveen tulevasta ulkoisesta kuormituksesta. Pohjan lähellä elävä hajottajaeläimistö ja vesimassan happipitoisuus pitävät sedimentin orgaanisen aineen määrän ja mikrobitoiminnan aisoissa. Nämä tekijät vaikuttavat positiivisesti fosforin sitoutumiseen järven pohjaan. Terveen vesistön kohdalla vesistön pohjasedimentti sisältää suuria määriä fosforia sillä terveessä järvestä vallitsevissa olosuhteissa ei tapahdu fosforin liukenemista veteen. Vesistön happipitoisuuden laskiessa tilanne muuttuu. "Kaikkien aerobisten organismien hajotuskyky alkaa laskea, kun happipitoisuus alenee noin kolmannekseen tai sen alle, kyllästypitoisuuteen verrattuna. (kuvio 2) Hapen puutteessa tapahtuva hajotus kerää hapellisissa olosuhteissa eläville organismeille myrkyllisiä ylijäämiä." (Ulvi & Laakso 2005, 153-154). Puhuttaessa liian suuresta ravinnekuormituksessa Pohjois-Savon alueella käsitellään lähes aina fosforikuormaa. Poh-

jois-Savon vesistöt ovat fosforirajoitteisia ja täten typen määrän vaihtelut eivät useimmiten vaikuta järven rehevyyteen. Kaikki tässä työssä käsiteltävät lammet ovat fosforirajoitteisia ja siksi ravinteiden käsittely keskittyy fosforiin. Pohjan happivajetta voivat aiheuttaa esimerkiksi liian suuri ulkoinen kuormitus, vääränlainen vesirakentaminen tai vääränlainen kalastaminen. Happivaje taas aiheuttaa kemiallisia reaktioita, jotka liuottavat sedimentistä ammoniumtyyppiä ja fosforia. Tällaisesta tilannesta kutsutaan sisäiseksi kuormitukseksi. Kuvassa 1 voidaan havaita näkyvä ero terveen sedimentin ja hapettomuudesta kärsivän sedimentin välillä.



Kuvio 2. Orgaanisen sedimentin hajoamisnopeuden teoreettinen riippuvuus lämpötilasta ja happipitoisuudesta (Walhgren 1986)



Kuva 1. Vasemmalla hapettomuudesta kärsinyttä mustunutta sedimenttiä ja oikealla tervettä vaaleaa sedimenttiä (Lukkari & Palanne 2010)

3 HAPETINLAITTEET

Lampien ja järvien hapetuksessa käytetään useita eri menetelmiä hyödyntäviä laitteita. Veden happittamisella tarkoitetaan tässä teoksessa vesimassan pohjanläheisen kerroksen tai koko vesimassan happipitoisuuden lisäämistä. Yleisesti tähän käytetään jotain kolmesta keinosta. Hapetta voidaan johtaa veteen liuottamalla sitä ilmasta, hapokasta pintavettä voidaan johtaa alusveteen tai hapetta voidaan lisätä veteen kemikaalina. Näistä keinoista kaksi ensimmäistä ovat yleisimmät hapetuskeinot. Kansankielessä hapetuksesta käytetään usein myös termiä ilmastus. Ilmastus nimitystä käytetään usein talviaikaan käytettävästä hapetusmenetelmästä, jossa talviaikaan järveä ilmastettaessa siirtyy hapetta veteen ja muita kaasuja ilmaan tai veteen riippuen siitä, onko vedessä yli- vai alikyllästystä kyseisistä kaasuista (Ulvi & Laakso 2005, 153).

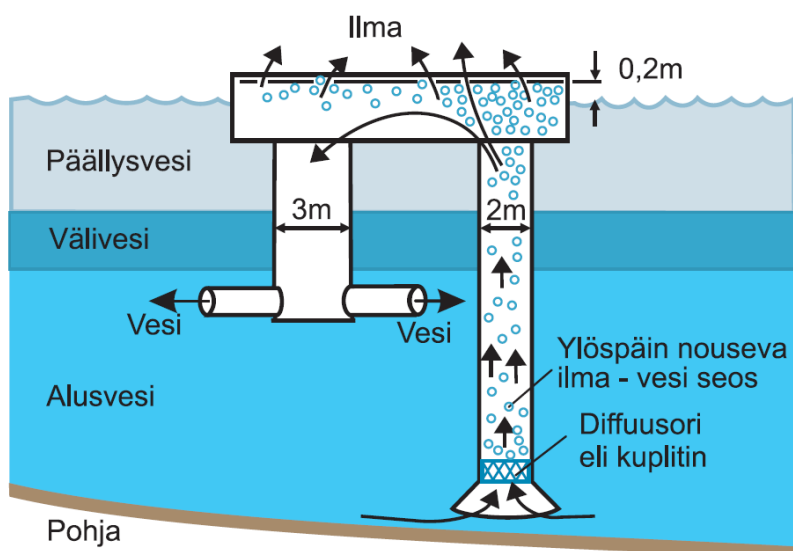
3.1 Hapetinlaitteiden yleiset toimintaperiaatteet

Hapetuslaitteita alettiin kehittää Euroopassa ja Pohjois-Amerikassa tieteellisillä kokeilla 1950-luvulla (Seppänen 1973). Varhaisimmista menetelmistä mainittavia ovat niin sanottu Mercierin menetelmä, jossa järven alusvettä pumpattiin rannalla sijaitsevaan ilmastusyksikköön ja takaisin alusveteen. Bernhardin menetelmässä alusvettä siirrettiin paineilmakuplituksella pintakammioon ja siitä takaisin alusveteen. Speecen menetelmässä vähähappista vettä pumpataan potkuripumpulla alusvedessä olevaan ja alaspäin avautuvaan kartioon. Kartion alaosa kuplitetaan tähän virtaukseen ilmaa tai happikaasua.

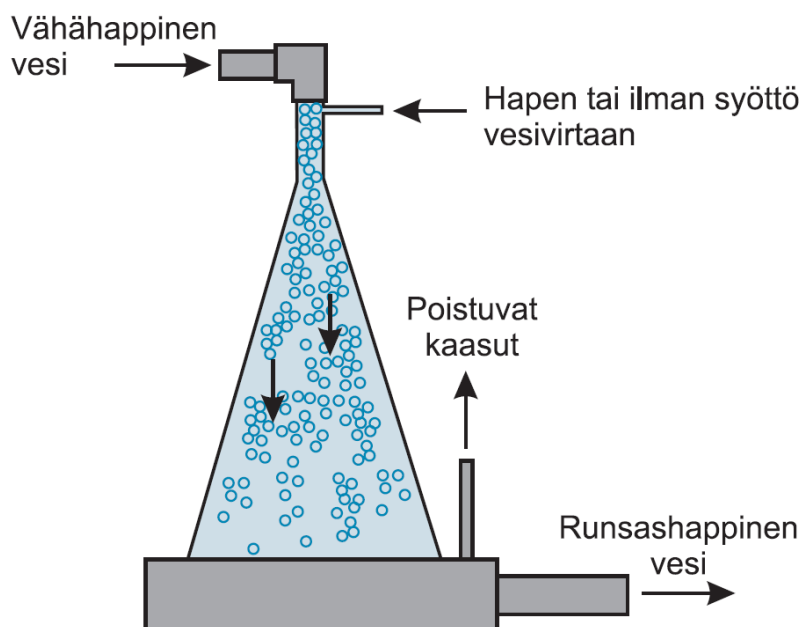
Pohjois-Amerikassa on tehty paljon tutkimusta asiaan liittyen. Ashley(2001) arvioi tulevaisuudessa yleisimpien hapetusmenetelmien olevan

- happikuplitus syvissä järvissä, joissa happi liukenee kokonaan vesipaineen alaiseen alusveteen.
- speecen vastavirtakartiohapetuksen käyttö, joko paineilmalla tai happikaasulla
- bernhardin menetelmän eri versioiden käyttö joko paineilmalla tai happikaasulla (Ulvi & Laakso 2005, 157-158).

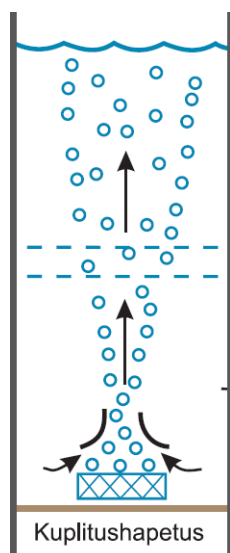
Näiden hapetusmenetelmien soveltuvuus lampien hapetukseen on arvioitava kohdekohtaisesti. Bernhardin ja Speecen menetelmiä käytettäessä voidaan veden virtaus ja hapen lisäys veteen suorittaa siten, että vesimassan lämpötilakerrostuneisuus voidaan tarvittaessa säilyttää. Menetelmien toimintaperiaatteet selvitetään kuvissa 2 ja 3. Kuplitushapetuksen periaate on esitetty kuvassa 4. Kuplitushapetuksessa hapen siirtyminen veteen happikuplan rajapinnan läpi vaatii melko suurta vedenpainetta ja turbulenssia. Kuplitushapetus rikkoo näistä syistä melko tehokkaasti lämpötilakerrostuneisuutta. Nämä seikat tekevät Bernhardin ja Speecen menetelmistä sopivampia matalien lampien kunnostukseen.



Kuva 2. Bernhardin hapetusmenetelmän toimintaperiaate (Ulvi & Laakso 2005, 157)



Kuva 3. Speer'n vastavirtakartiohapettimen toimintaperiaate (Ulvi & Laakso 2005, 157)

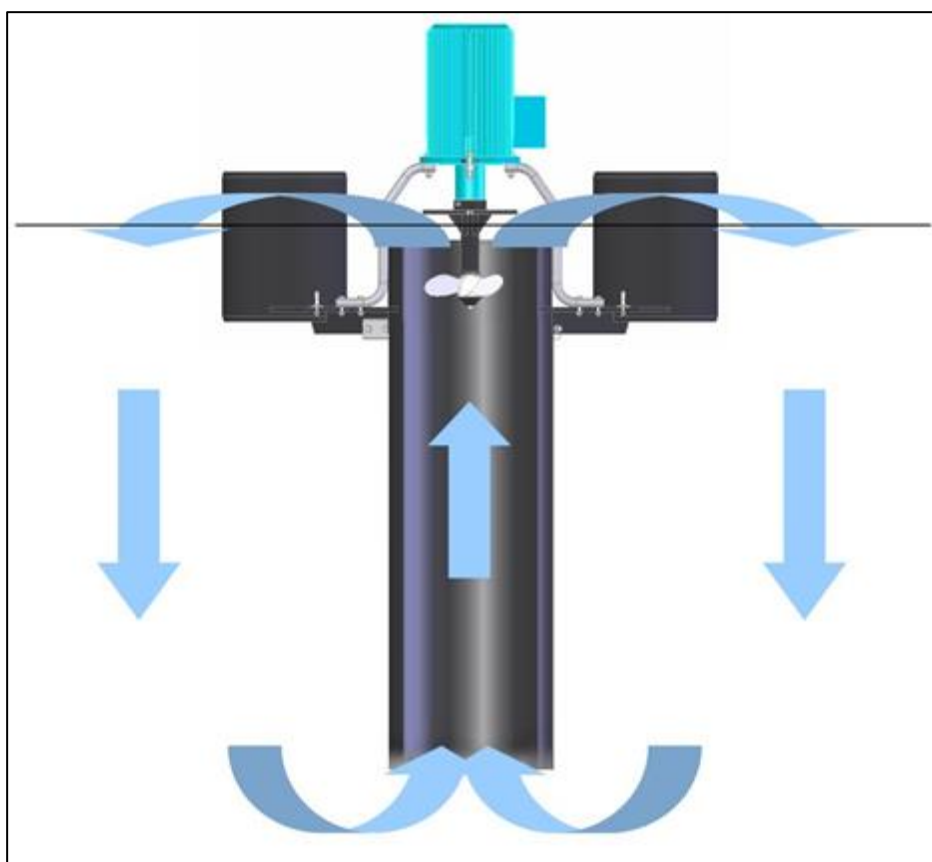


Kuva 4. Kuplitushapetuksen toimintaperiaate (Ulvi & Laakso 2005,157)

3.2 Kuopion lammissa käytettyjen laitteiden toiminta

Kuopion alueen kunnostettavissa lammissa on käytössä neljää erilaista hapetinölaitetyyppiä. Yleisin näistä laitteista on Visiox-laite, joita löytyy kolmesta lammeista ja sen muunnelma Aqua Turbo Sammakkolammesta. Pitkälampea, Kivilampea ja Pölläkänlahtea hapetetaan Waterix-micro- laitteilla ja Iso-Valkeista Mixox-laitteella. Kaikkien laitteiden toiminta eroaa hieman toisistaan.

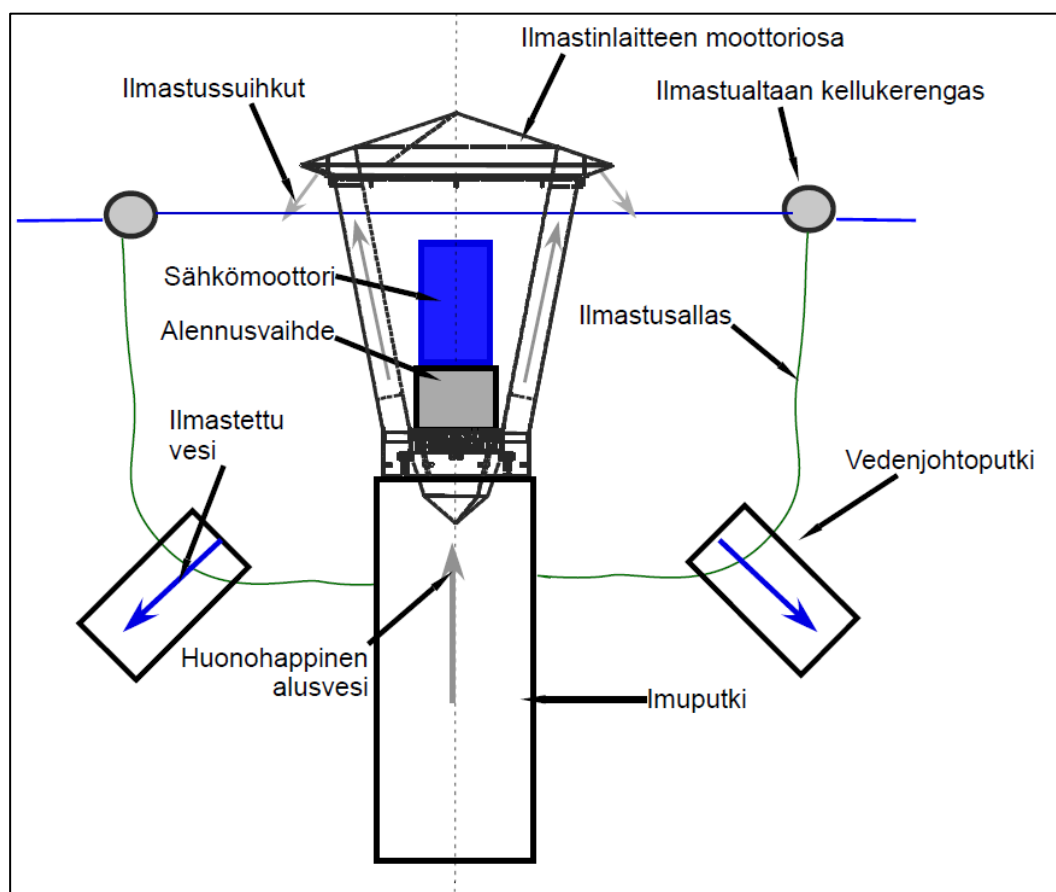
Waterix Micro -laitteen toiminta perustuu alusveden pumppaamiseen pinnalle ja sen levittämiseen ilmastustarkoituksessa kuten kuvasta 5 käy ilmi. Laitteen perustoimintaperiaatteessa on yhdistetty Benhard-tyyppinen putki pintailmastimeen. Laite ei kuljeta vettä takaisin alusveteen vaan hapekas vesi jää pinnalle, josta sen on määrä sekoittua vesimassaan. Hapettimen toiminnassa on joitain ongelmia, jotka aiheuttavat sen sopimattomuuden useisiin Kuopion kaupungin kohteisiin. Laite purkaa osittain lammen kerrostuneisuutta sekoittamalla vettä. Laitteen vaikutus pohjan lähellä jää myös helposti vajaaksi (Sassi & Keto 2007). Laitteen ominaisuuksiin kuuluu myös talviaikaan jopa lähes 30 metriä halkaisijaltaan oleva sula-alue. Toiminnassa olevan laitteen ympäristön merkkäminen on siis erittäin tärkeää. Kuopiossa laitteen ympärille on kuitenkin asennettu pressusukka, joka ohjaa vettä kohti pohjaa ja estää suuren sulan alueen syntymisen. Tämä pressusta tehty ilmastusallas estää myös kerrostuneisuuden purkautumista, joten laitetta voidaan käyttää ympäri vuoden.



Kuva 5. Waterix-laitteiden toimintaperiaate (W- Rix Oy:n www-sivu)

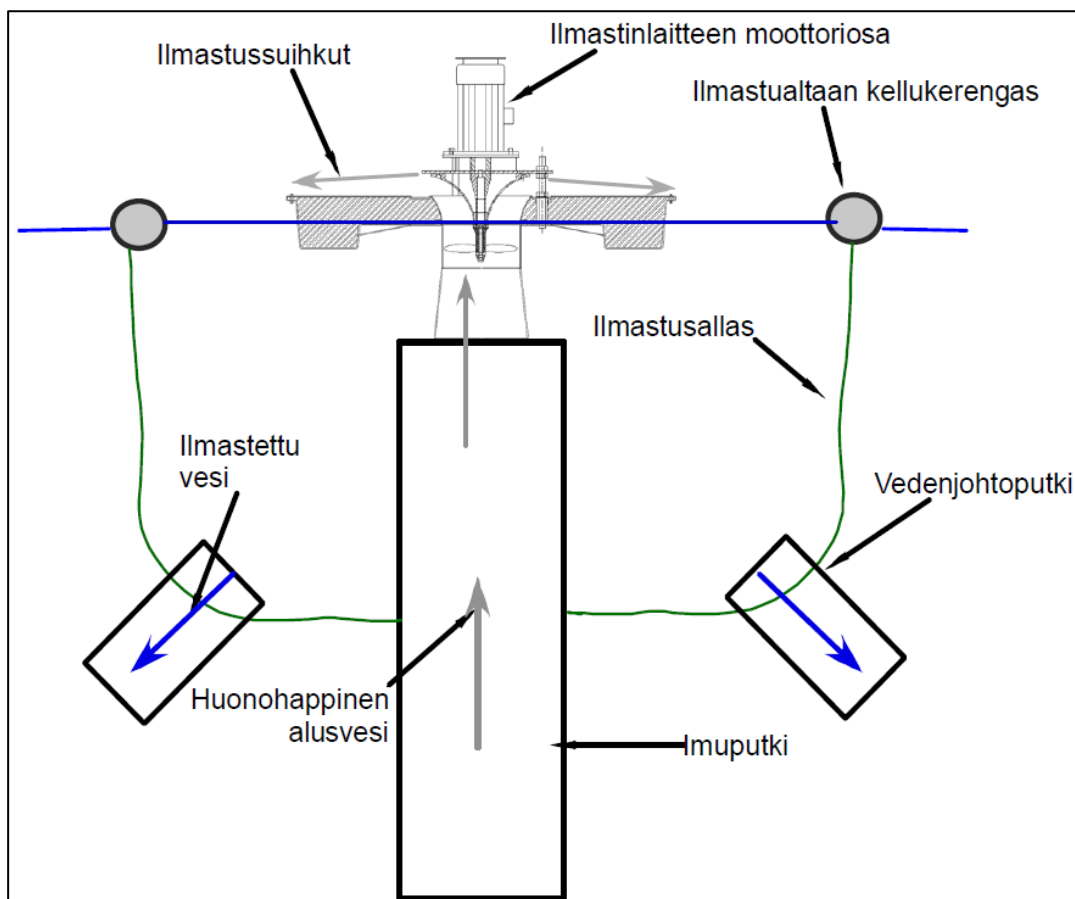
Visiox-laitteen toimintaperiaate soveltuu hyvin useisiin Kuopion alueen lampiin. Laitteen rakenne mahdollistaa pohjanläheisen vesimassan hapettamisen melko vähäisellä veden lämpötilakerrostunei-

suuden rikkomisella. Visiox-laitteen toimintaperiaatteena on Benhard-tyyppinen putki- ja allassysteemi yhdistettynä suihkuhapettimeen (kuva 6). Laitteesta voidaan käyttää nimitystä alusveden suihkuhapetin. Toiminta perustuu alusveden pumppaukseen potkurin avulla putkea pitkin pintaan. Pinnassa vesi suihkutetaan ilmasta veteen, jonka yhteydessä veteen siirtyy paljon ilmakuplia. Tämä vesisuihku kohdistuu laitteen ympärillä olevan pressuseinän sisäpuolelle, josta vesi johdetaan vedenjohtoputkilla lammen harppauskerroksen yläpuolelle. Takaisin lampeen johdettu vesi leviää laajalle alueelle vajotessaan kohti pohjaa.



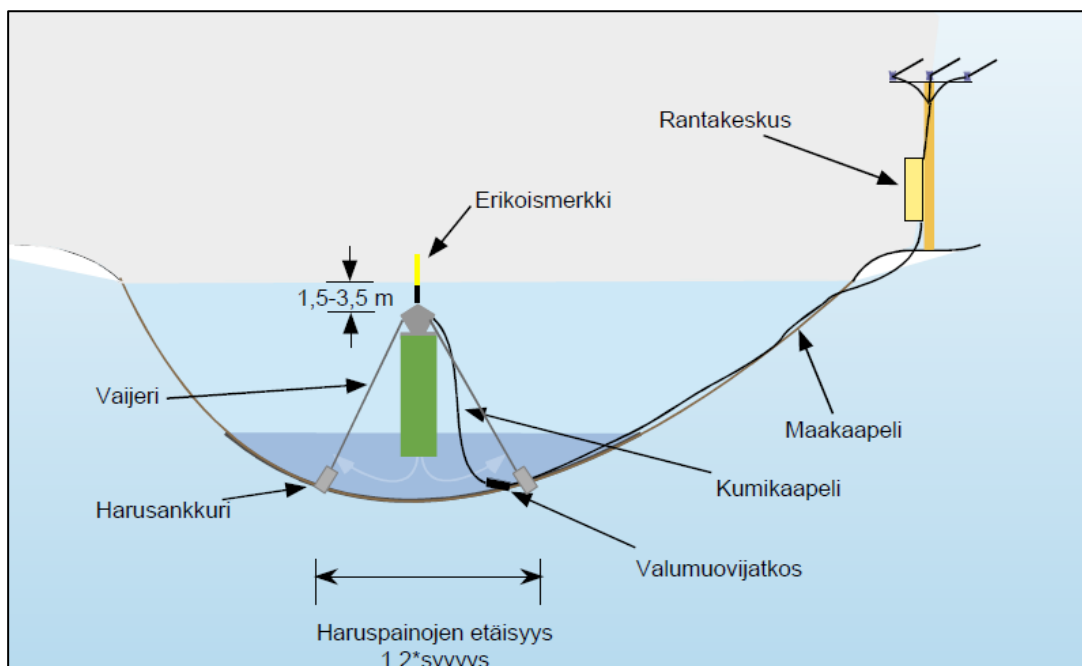
Kuva 6. Visiox-hapettimen periaatekaavio (Saarijärvi 2007)

Sammakkolammella käytössä oleva Aqua Turbo -laite on hyvin samanlainen Visiox-laitteen kanssa. Kuvassa 7 on esitetty Aqua Turbo -pintailmastimen käyttö Visiox-laitteessa. Suurin ero laitteiden välillä syntyy hapen lisäyksessä veteen. Visiox pumppaa vettä suihkuna kohti ilmastusaltaan pintaa kun Aqua Turbo pumppaa veden pisaroina vaakatasoon viuhkamaisena suihkuna, joka sataa ilmastusaltaseen.



Kuva 7. Aqua Turbo -pintailmastusyksikön käyttö Visiox-laitteen kanssa (Saarijärvi 2007)

Iso-Valkeisessa käytettävä Mixox-laite toimii pumppaamalla lammen hapekasta pintavettä lammen pohjalle. Laitteen perustoimintaperiaatteena on kaikkein yksinkertaisin menetelmä, kierrätyshapetus. Laite vaikuttaa laajalla alueella ja kierrättää suuria määriä vettä. Laitteesta ei ole pinnalla kuin merkkipolju. Mixox ankkuroidaan pohjaan siten että laitteen moottori on hieman vedenpinnan alla, näin vältetään suurimmalta osalta jäiden aiheuttamia ongelmia ja mahdolliselta ilkeivallalta. Kuvassa 8 esitetään Mixox-laitteen toimintaperiaate. Samassa kuvassa näkyy yleinen laitteistokokoonpano lampi-hapetuksissa. Lammen rannalla on sähkökeskus, josta on vedetty kaapeli pohjaa pitkin laitteen luo, josta vedetään edelleen sähköjohto kumikaapelilla laitteelle. Taulukkoon 2 on kerätty Kuopiossa käytettävien hapetuslaitteiden toimintaperiaatteet, kokemukset, vaikutukset, valintaan vaikuttaneet syyt ja laitteiden käyttökohteet. Taulukon avulla hapetusprojekteista saa selkeän kuvan ja sen avulla voi myös vertailla laitteita toisiinsa.



Kuva 8. Mixox-ilmastimen toimintaperiaate (Vesi Eko Oy)

Laite	Visiox	Waterix- micro	Aqua Turbo	Mixox
Käyttökohteet	Keskustan Valkeinen Leväsenlampi Petosenlampi	Pitkälampi Kivilampi Pölläkanlahti	Sammakkolampi	Iso- Valkeinen
Toimintaperiaate	Yhdistetty- Bernhard- putki- ja allassysteemi sekä suihkuhabetin	Yhdistetty Bernhard- putki ja yksinkertainen pintailmastin sekä jälkeen asennettu allassysteemi	Yhdistetty- Bernhard- putki- ja allassysteemi ja kehitetty pintailmastin	Kierrätysahapetin
Kokemukset	Toimii hyvin mekaanisen kestävyyden puutteissa	Ajoittaisia jäätymisongelmia, siivilän tukkeutumisia ja ilmastusaltaan sotkeutumista	Jäätymisongelmia	Toimii hyvin mekaanisen kestävyyden puutteissa
vaikutus	Käyttökohteissa saavutettu kehitystä jo muutamassa vuodessa	Käyttökohteissa saavutettu kehitystä	Käyttökohteessa saavutettu kehitystä	Selkeää paranevaa kehitystä ei vielä ole havaittavissa
Miksi valittu	Voidaan käyttää ympäri vuoden ja hyvät kokemukset laitteesta ja sen aiemmista versioista	Paljon käytetty laite jonka yksinkertainen rakenne helpottaa käyttöä	Visiox- laitteen kehitysversio, jonka vaikutuksia halutaan nähdä	Laitteen toimintaperiaate toimii lammessa ja laite on hyvin varmatoiminen

Taulukko 2. Kuopion kaupungin alueella käytettävien laitteiden yleiskatsaus

4 KUOPION LAMMILLA KÄYTETTÄVIEN LAITEIDEN KOKOONPANOT

Kuopion kaupungin alueella hapetettavissa lammissa on käytössä neljää hapetintyyppiä, joiden toimintaperiaatteita käytiin läpi aiemmin tässä työssä. Ensimmäiset hapetusprojektit Kuopiossa on aloitettu 1980-luvun alussa. Hapetuskokeilut aloitettiin Leväsenlammessa ja keskustan Valkeisessa. Sammakkolammen hapetus aloitettiin kahdeksankymmentäluvun puolivälissä, jolloin myös Leväsenlampea alettiin hapettaa säännöllisesti. Pitkälammen hapetus aloitettiin 1990 ja Keskustan Valkeisen säännöllinen hapetus 1997. Petosenlammen säännöllinen hapetus aloitettiin kesällä 2000.

Hapetinlaitteet olivat aluksi Mixox-tyyppisiä pintavettä alusveteen kierrättäviä laitteita. Menetelmä ei kuitenkaan sopinut Kuopion mataliin lampiin, joissa ei talvella ole riittävästi hapellista päällysvettä. Laitteet vaihdettiin 2000-luvun alussa Neutrox-tyyppisiin laitteisiin. Neutrox-laitteiden ongelma oli niiden lämpötilakerrostuneisuutta rikkova ominaisuus, joka esti niiden käytön kesäisin. Vuonna 2006 otettiin Keskustan Valkeisella, Petosenlammella ja Leväsellä käyttöön lämpötilakerrostuneisuutta rikkomattomat Visiox-laitteet. Sammakkolammella otettiin käyttöön Visioxin sisarmalli Aqua Turbo. Pitkälammen ja Kivilammen hapetuksessa käytetään Waterix Micro -laitteita ja Iso-Valkeisella käytetään Mixox-laitetta.

Hapetinlaitteen normaali kokoonpano muodostuu rannalla sijaitsevasta sähkökeskuksesta, josta on vedetty sähkökaapeli itse laitteelle. Hapetinlaite on ankkuroitu lammen pohjaan paikalle, jossa laitteen vaikutuksen oletetaan olevan paras. Kuvasta 8 selviää laitteiden kokoonpano periaatetasolla. Hapetuslaitteet pyritään sijoittamaan kohtaan, josta haakas vesi leviää mahdollisimman laajalle. Yleensä tällainen kohta on melko lähellä lammen syvimpiä alueita.

Laitteiden käytössä on tärkeää muistaa niiden merkitseminen erityisesti käytettäessä laitteita, jotka luovat suuren sulan kohdan talviaikaisessa käytössä. Kuvassa 9 esitetään tyypillinen hapetinlaitteen talviaikainen merkintä. Suurin osa lammilla olevista laitteista on normaaleja hapetinlaitteita, joiden toimintaa ei ole muutettu alkuperäisestä. Osalle laitteista on tehty pieniä muutoksia, joiden avulla ne toimivat halutuilla tavoilla. Muutokset koskevat nykyään pääasiassa laitteiden siivilöiden rakennetta. Keskustan Valkeisen tapauksessa laite rikkoontui siivilän läpi menneestä oksasta ja laitteen vaihdon yhteydessä asennettiin laitteelle uusi siivilä, joka näkyy kuvassa 10.



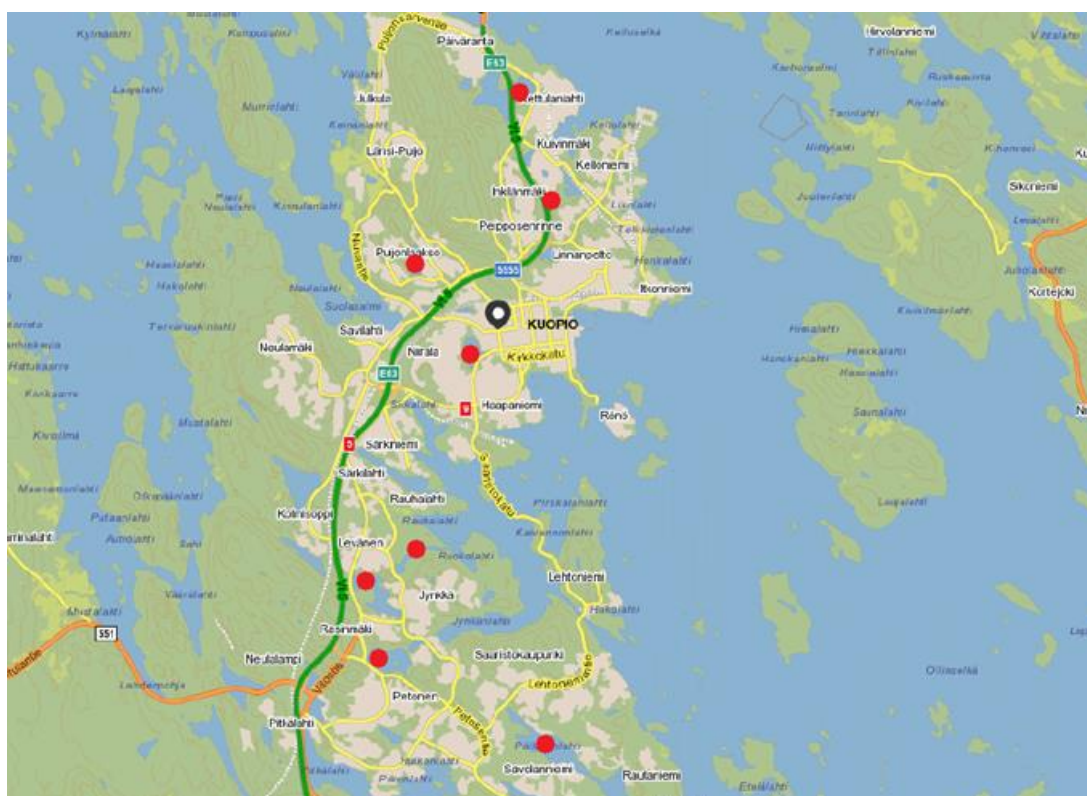
Kuva 9. Leväsenlammen Visiox-laitteen talviaikeinen merkintä (Pekkarinen E. 2007)



Kuva 10. Keskustan Valkeisella käytössä oleva Visiox- laitteen siivilä (Pekkarinen E. 2011)

5 HAPETETTAVAT LAMMET

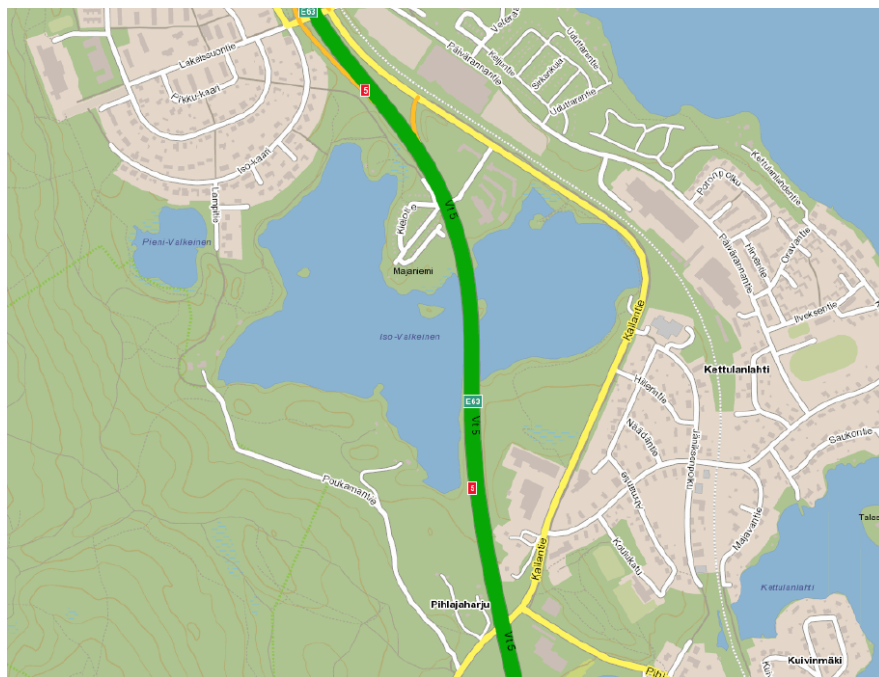
Kuopion keskeisellä kaupunkialueella sijaitsee seitsemän hapettamalla kunnostettavaa lampea ja yksi Kallaveden lahti. Kuvaan 11 on merkattu Kuopion keskeisellä kaupunkialueella kunnostuksen kohteena olevien lampien sijainnit. Pölläkänlahtea käsitellään tässä työssä samoin kuin muita lampia johtuen sen hyvin sulkeutuneesta muodosta. Osaa lammista on kunnostettu jo 80-luvulta lähtien ja osassa lammista kunnostusprojektit on aloitettu vasta 2000- luvun puolella. Näiden lampien tapauksessa on päädytty käyttämään kunnostusprojektissa hapetuslaitteita, joka kertoo huomattavista ongelmista vedenlaadussa tai virkistyskäytössä. Tässä kappaleessa esittellään nämä kahdeksan lampea ja niiden hapetusprojektit.



Kuva 11. Kuopion keskeisellä kaupunkialueella sijaitsevien lampien sijainnit

5.1 Iso- Valkeinen

Iso-Valkeisen lampi sijaitsee Kuopionniemen pohjoisosassa Puijon luonnonsuojelualueen ja Kettulanlahden asuinalueen välissä (kuva 12.). Kuopiosta pohjoista kohti kulkeva valtatie 5 jakaa lammen kahteen osaan. Lammen puoliskot ovat yhteydessä toisiinsa tien ali kulkevan noin 3 metriä leveän ja puoli metriä korkean rummun välityksellä. Veden vaihtuvuus lammen puoliskoien välillä on vähäistä. Iso-Valkeisen itäosan pinta-ala on 13 hehtaaria ja lampi on näin yksi suurimpia keskeisen kaupunkialueen lampia. Iso-Valkeinen on tärkeä lampi virkistyskäytön kannalta ja maisemalliselta arvoltaan se on yksi Kuopion tärkeimmistä lammista. Lammen itäosan rannalla on uimaranta ja tulentekopaikkoja. Lammen itäosaa käytetään myös virkistyskalastuskohteena. Näiden seikkojen perusteella lammen vedenlaadun säilyttäminen riittävällä tasolla on perusteltua



Kuva 12. Karttakuva Iso-Valkeisesta

5.1.1 Valuma-alue

Iso-Valkeisen molempien puoliskojen valuma-alue on lähes 200 ha (Kuopion kaupunki 2007). Valuma-alueet jakautuvat melko selkeäpiirteisesti moottoritien jakaessa valuma-alueet itä- ja länsipuoleen. Länsipuolen valuma-alue on ollut pääosin Puijon metsäisiä rinteitä ja vähäisessä määrin asuinalueita. Viime vuosina tilanne on muuttunut ja länsi-osan valuma-alueelle rakennettu Pihlajalaakson asuinalue laskee lähes kaikki hulevetensä Iso-Valkeisen länsiosaan. Varsinkin rakentamisen aikana näin laajan asuinalueen rakennustoimet aiheuttavat huomattavaa kuormitusta vesistöön niin kiinto-aineiden kuin ravinteiden osalta. Lammen itäpuolen valuma-alue koostuu pääasiassa liikenne- ja asuinalueista. Valuma-alueen kuormitus on melko huomattava vaikka alueen pinta-ala onkin pienempi kuin länsipuolella. Lammen kunnostus hapettamalla koskee vain lammen itäosaa, jolloin suuri osa länsipuolen valuma-alueella tapahtuvista toimista vaikuttaa itäpuoleen vain vähän.

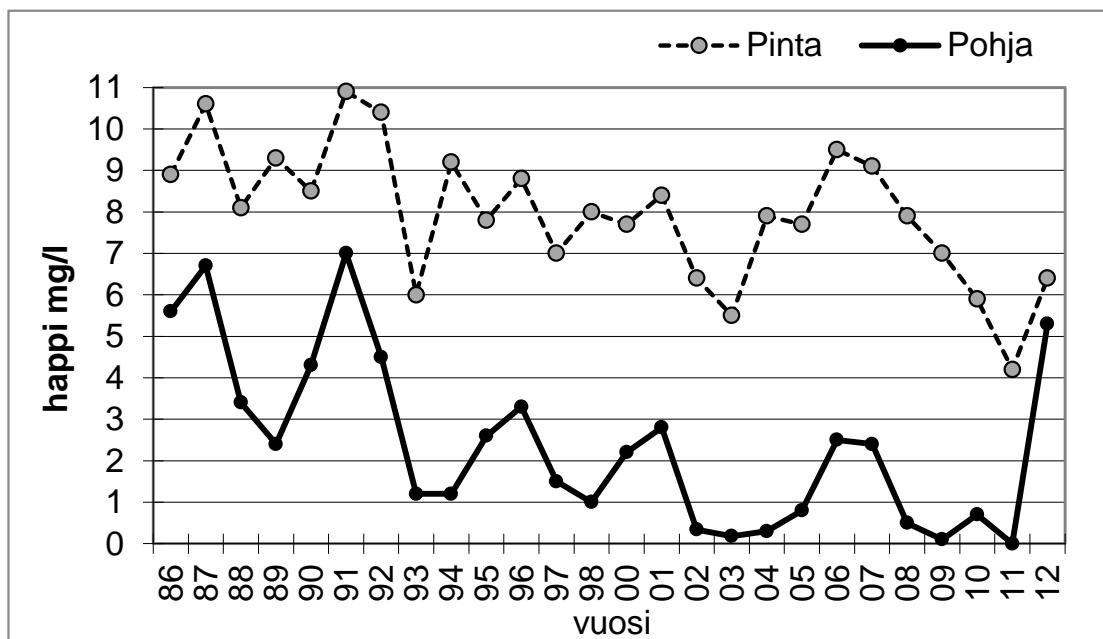
5.1.2 Lammen hapetusprojekti

Iso-Valkeisen itäosan hapettaminen aloitettiin vuoden 2010 aikana. Lammessa on mixox-hapetin, joka pumpkaa vähähappiseen alusveteen hapekasta pintavettä. Hapettimen toiminnan kannalta on tärkeää että lammessa on riittävästi hapekasta pintavettä. Lammen pintaveden tilavuuden ollessa pieni, koko vesimassa muuttuu talvella hapettomaksi kun pintavedessä oleva happi loppuu. Mixox-laitteen toimintaperiaate ei siksi sovellu useimpiin lampiin. Lammen rannalla on sähkökeskus, josta on vedetty kaapeli laitteelle. Hapetuslaite on normaali mixox-hapetin, jonka on toimittanut Vesi Eko Oy. Hapetusta on jatkettu vasta parin vuoden ajan ja muutokset lampien valuma-alueilla rakennetun ympäristön lisääntymisenä viestivät tarpeesta jatkaa hapetusta myös tulevaisuudessa.

5.1.3 Vedenlaadun kehitys

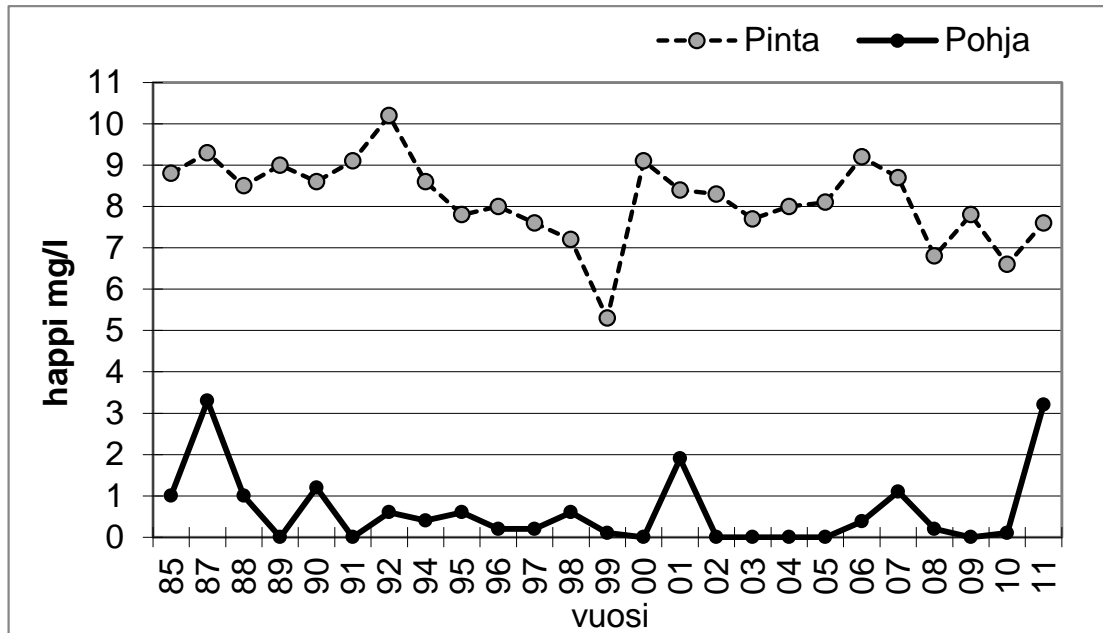
Iso-Valkeisen vedenlaadun kehitys on seurailut rehevöityvän lammen kaavaa jo pitkään ja heikkenvä happitilanne ja kasvaneet ravinnepitoisuudet ovat olleet hyvin tyypillisiä lammelle. Tarkastelus-

sa keskitytään itäosan tilanteeseen. Tarkasteltaessa kuvioden 3 ja 4 esittämää happitilannetta voidaan huomata selkeä joskin hidas heikkenevä kehitys.



Kuvio 3. Iso-Valkeisen itäosan happipitoisuus maaliskuussa

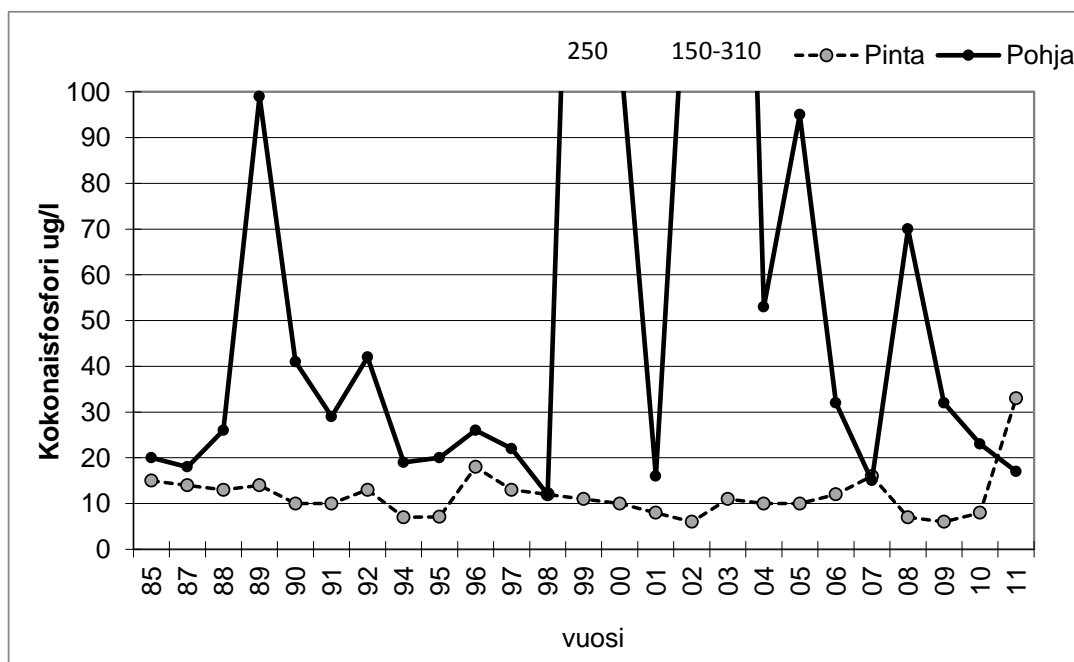
Varsinkin pohjanläheisen happikerroksen matalat happipitoisuudet ovat hälyttäviä ja voivat aiheuttaa sisäisen kuormituksen käynnistymisen ja siten voimakasta ravinteiden liukenemista.



Kuvio 4. Iso-Valkeisen itäosan happipitoisuus heinäkuussa

Tehtäessä päätelmiä pelkästään yhtenä päivänä otetuista näytteistä tehdyistä kuvaajista täytyy muistaa että kovin tarkkoja päätelmiä näin vähäisestä aineistosta ei voida vetää. Hapetuksen aloituksen jälkeistä vedenlaadun kehitystä on vaikea arvioida kahden vesinäytteen perusteella. Kuitenkin näyttäisi siltä että pohjanläheisen vesikerroksen happipitoisuus on noussut hapetuksen aloituksen jälkeen. Kuvaajaa 5 tarkasteltaessa vaikuttaisi myös siltä että kesäaikaisen fosforipitoisuuden

voimakkaat heilahtelut olisivat tasaantuneet hapetuksen aloittamisen myötä. Tarkkailujakso on vielä kuitenkin hyvin lyhyt ja siksi varmoja johtopäätöksiä ei voida tehdä.



Kuvio 5. Iso-Valkeisen itäosan fosforipitoisuus heinäkuussa

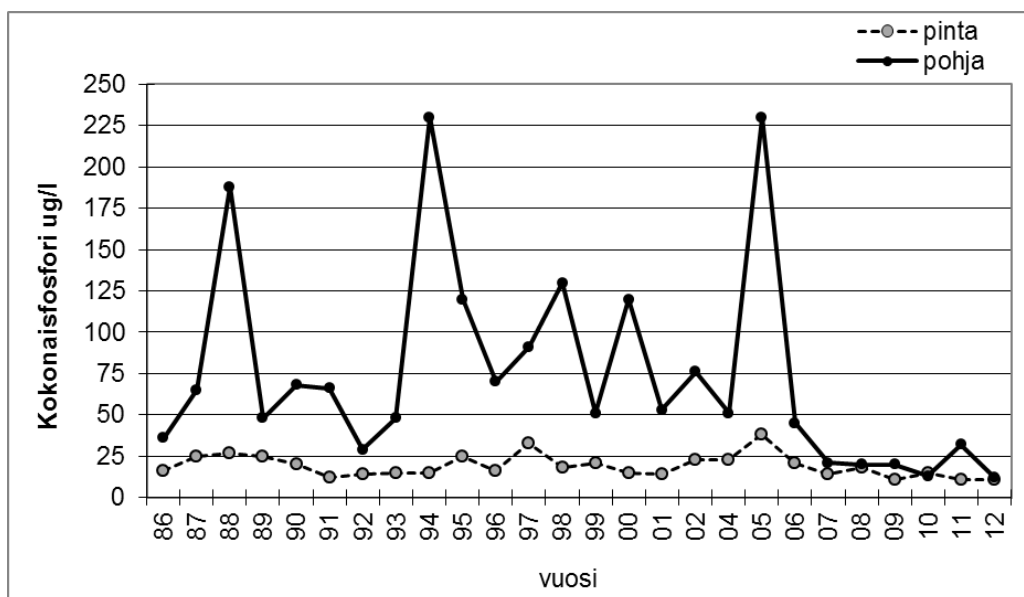
5.1.4 Projektin toimivuus ja tulokset

Hapetus Iso-Valkeisessa on aloitettu vasta kolme vuotta sitten ja alustavat tulokset vaikuttavat lupaavilta. Laitteen toiminnassa ei ole ollut tähän mennessä merkittäviä ongelmia ja alustavat tulokset ovat tähän mennessä lupaavia.

5.2 Kivilampi

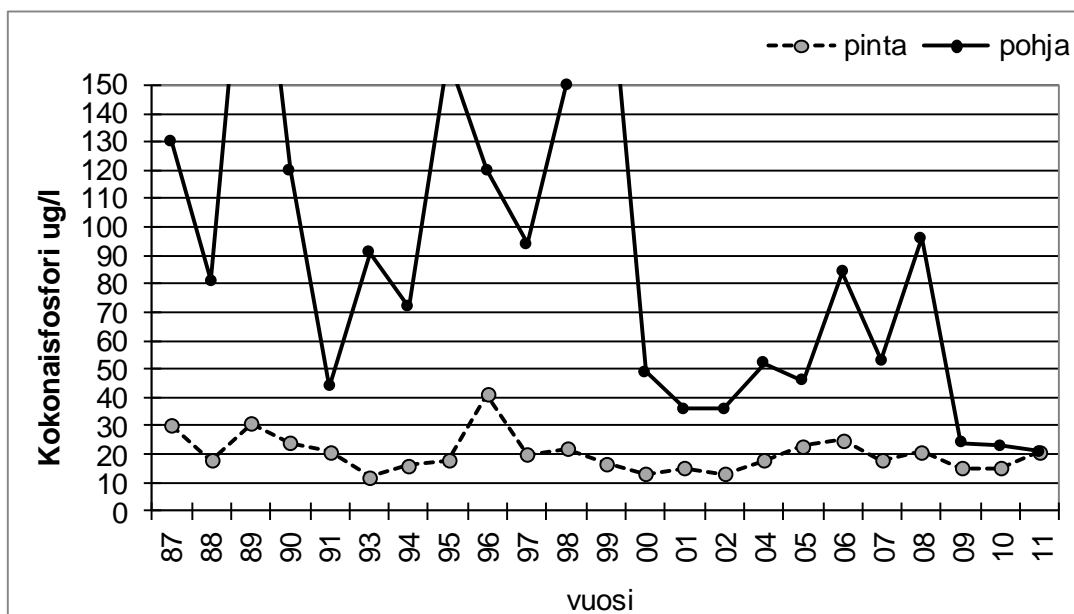
Kivilampi sijaitsee viiden lammen lampiketjussa Kuopion keskustan eteläpuolella (Kuva 13). Lampi on ketjun viimeinen ja siten siihen kohdistuu kuormitusta yläpuolisista lammista. Lampi sijaitsee Rauhalahden leirintäalueen läheisyydessä ja sitä käytetään virkistyskalastuspaikkana ja lammen rannalla on uimapaikka. Kivilammen pinta-ala on 7,9 hehtaaria. Kuopion kaupunki on vuokrannut lammen Seikkailu Kuopio Oy:lle 10 vuoden vuokrasopimuksella.

tavan suuresta valuma-alueesta ja pienestä tilavuudesta. Kivilampi sekoittuu huonosti, millä on suuri merkitys veden laadun kannalta. Kuvaajista 6. ja 7. huomataan myös viimevuotinen positiivinen kehitys fosforipitoisuudessa sekä kesäisin että talvisin.

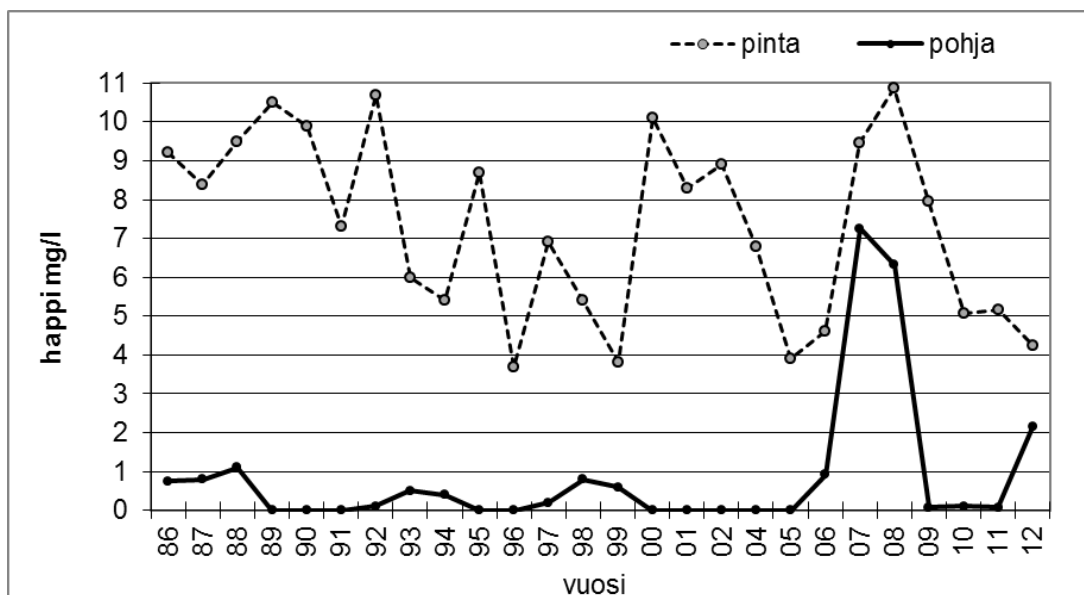


Kuvio 6. Kivilammen fosforipitoisuus maaliskuussa

Osana lammen kunnostusta on lammen eteläpäätyä ruopattu vuosina 2004 ja 2005. Myös lammen eteläistä lasku-uomaa on avattu. Nämä toimenpiteet ovat osaltaan parantaneet lammen vesitilavuutta ja näin mahdollisesti parantaneet myös ravinnetilannetta. Ruoppauksen aiheuttamista muutoksista vedenlaatuun ei kuitenkaan voida olla varmoja. Kuviosta 8 voidaan huomata vuodesta 2006 alkaen parantunut happipitoisuus pohjanläheisissä vesikerroksissa. Voidaan siis päätellä että hapetusprojekti on saanut aikaan muutoksia vedenlaadussa.



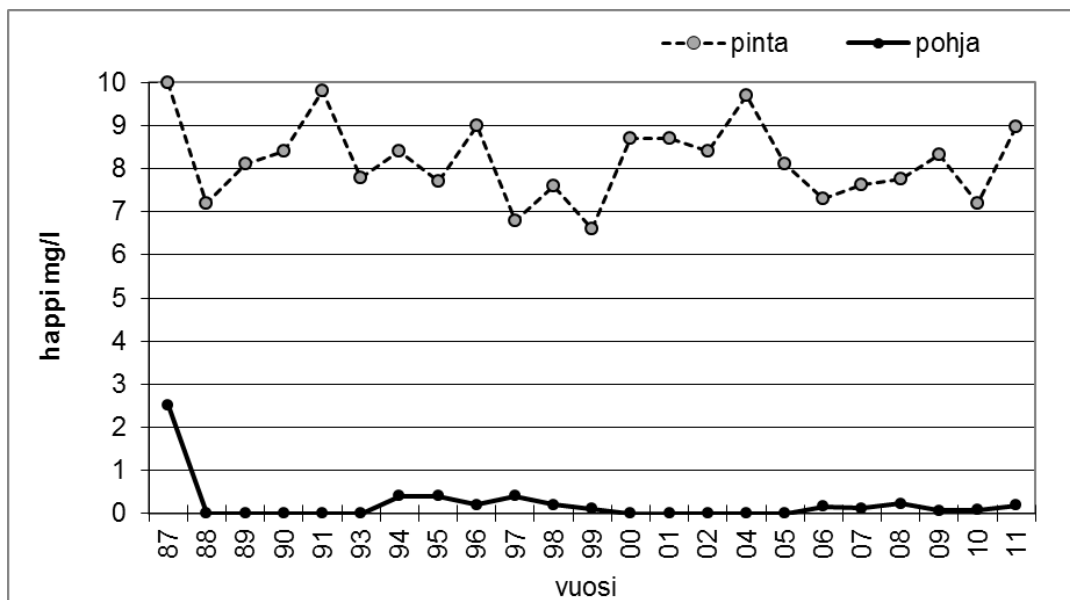
Kuvio 7. Kivilammen fosforipitoisuus heinäkuussa



Kuvio 8 Kivilammen happipitoisuus maaliskuussa

5.2.4 Projektin toimivuus ja tulokset

Kivilammen kunnostusprojekti on kestänyt seitsemän vuotta ja kunnostuksella on saavutettu näkyviä tuloksia lammen ravinnepitoisuuksiin. Lammen nykyisen tilan säilyminen ilman hapetinta on hyvin epätodennäköistä. Kesäajan happipitoisuuksista (kuvio 9.) voidaan todeta että lammen happitilanne on vieläkin hyvin heikko. Hapetusta Kivilammella on tärkeää jatkaa, jos lammen tilan halutaan paranevan. Valuma-alueelta tulevan kuormituksen väheneminen on kuitenkin ensiarvoisen tärkeää jos lammen tilan halutaan paranevan niin paljon että hapetuksesta voitaisiin luopua.



Kuvio 9. Kivilammen happipitoisuus heinäkuussa

5.3 Leväsenlampi

Leväsenlampi sijaitsee Kuopion Leväsen kaupunginosassa ja on osa viiden lammen ketjua johon myös aiemmin tarkasteltu Kivilampi kuuluu. Leväsenlampi on tämän lampiketjun toiseksi viimeinen lampi ja laskee Kivilampeen Myllypuron välityksellä (Kuva 14). Leväsenlampi koostuu kahdesta syvemmästä alueesta, joita yhdistää matala lahti. Lampi on melko rehevä ja sen eteläisessä osassa kasvaa paljon vesikasvillisuutta.



Kuva 14. Karttakuva Leväsenlammesta

5.3.1 Valuma-alue

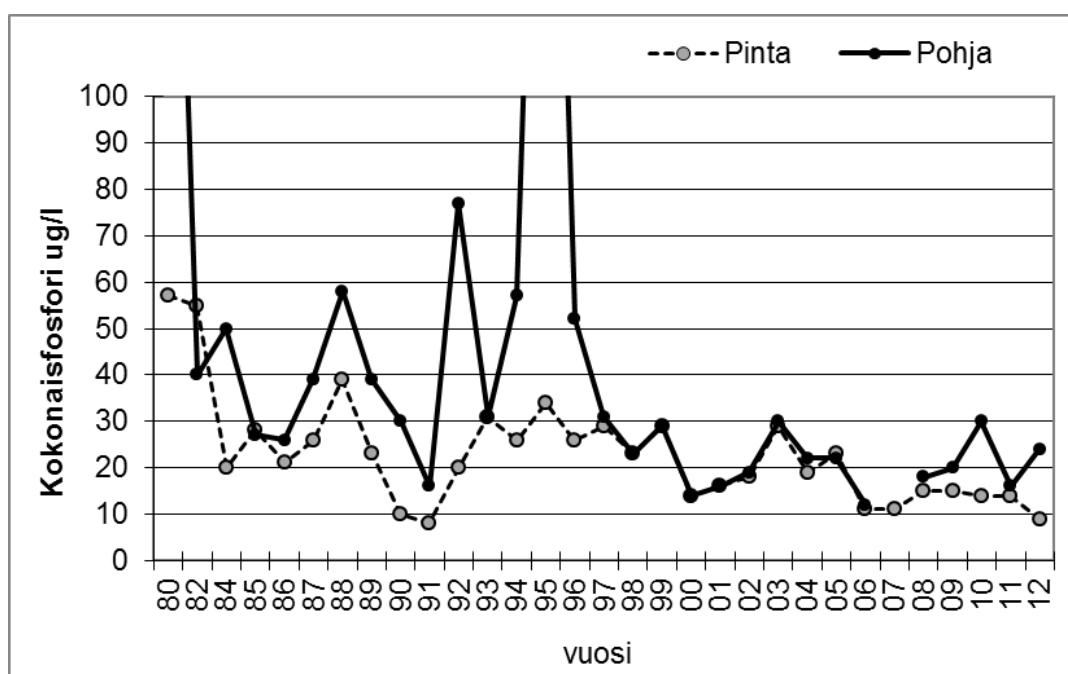
Lammen lähivaluma-alueen koko on 110 hehtaaria. Kaukovaluma-alue on yli 500 hehtaaria ja suurin osa kaukovaluma-alueen vesistä laskee lammen pohjoispäätyyn. Lammen lähivaluma-alueen maankäyttö on pääasiassa asuin-, liikenne- ja teollisuusalueita. Lammen lähistöllä ei ole viimeaikoina tapahtunut suuria muutoksia maankäytössä, mutta lampeen tuleva kuormitus on ollut jo pitkään korkealla tasolla.

5.3.2 Lammen hapetusprojekti

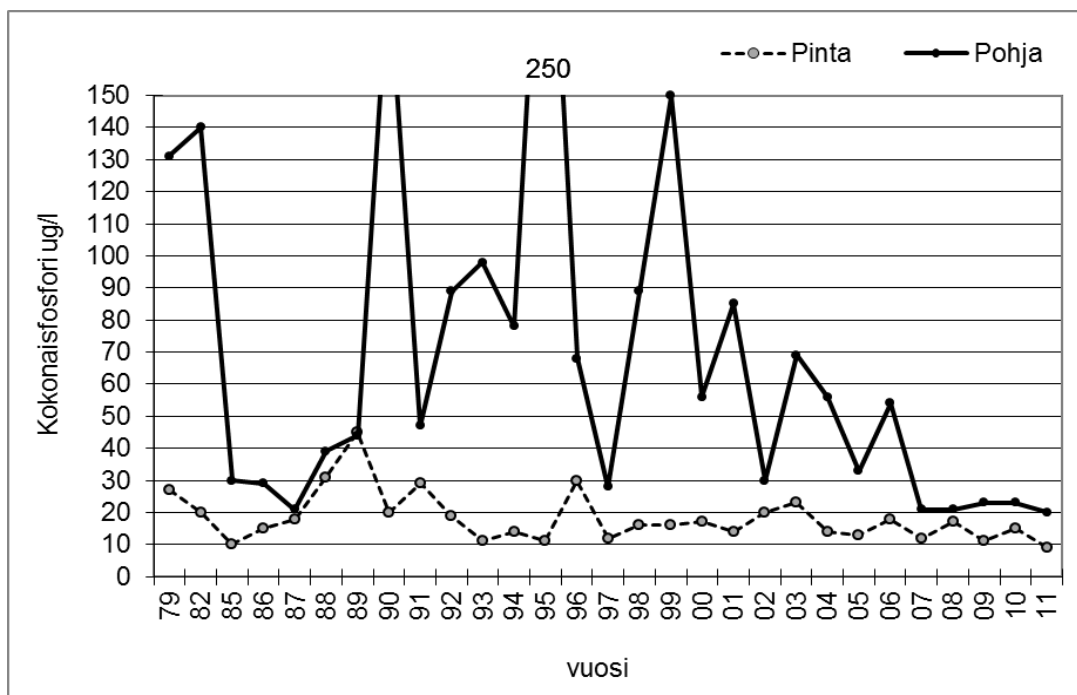
Leväsenlampea on hapetettu jo kaksikymmentä vuotta. Hapettimena lammessa on nykyisin Visiox-tyyppinen hapetin, joka sekoittaa happea pohjanläheiseen vesikerrokseen pumpattavaan veteen. Ennen vuotta 2007 lammessa oli käytössä Neutrox-hapetin, joka oli käytössä vain talvisin. Lammen rannalla on sähkökaappi, josta hapetin saa sähkönsä. Lampea hapetetaan ympäri vuoden. Lammen hapetuksessa yhdellä hapettimella on huomattavia haasteita johtuen lammen muodosta, joka vaikeuttaa hapekkaan veden leviämistä koko lammen alueelle.

5.3.3 Vedenlaadun kehitys

Lammen vedenlaatua on pitkää kuvannut epämääräisyys ja suuret vaihtelut mittaustuloksissa. Osittain tähän on vaikuttanut ajoittainen sisäisen kuormituksen käynnistyminen ja normaalit sään aiheuttamat vaihtelut. Lammen hapettamisen aloittamisen jälkeen ei lammen vedenlaadussa vedenlaatuanalyysien perusteella voi huomata muutosta moneen vuoteen. Fosforipitoisuuksissa muutoksia alkoi tapahtua vasta 2000-luvun vaihteessa, jolloin fosforipitoisuudet tasaantuivat ja laskivat huomattavasti 90-luvun alun pitoisuuksista (kuviot 10. ja 11). Vedenlaatukuvaajista voidaan huomata myös vuoden 2007 hapetuslaitteen vaihdos, joka näkyy erityisesti kesäaikaisten fosforipitoisuuksien laskussa kuviossa 11. Lammen kaakkoispäässä suoritettiin ruoppauksia vuosina 2004- 2005. Ruoppauksen yhteydessä pyrittiin vähentämään särkikalojen määrää paunettipyyynnillä, mutta saalis jäi vähäiseksi.



Kuvio 10. Leväsenlammen fosforipitoisuus maaliskuussa



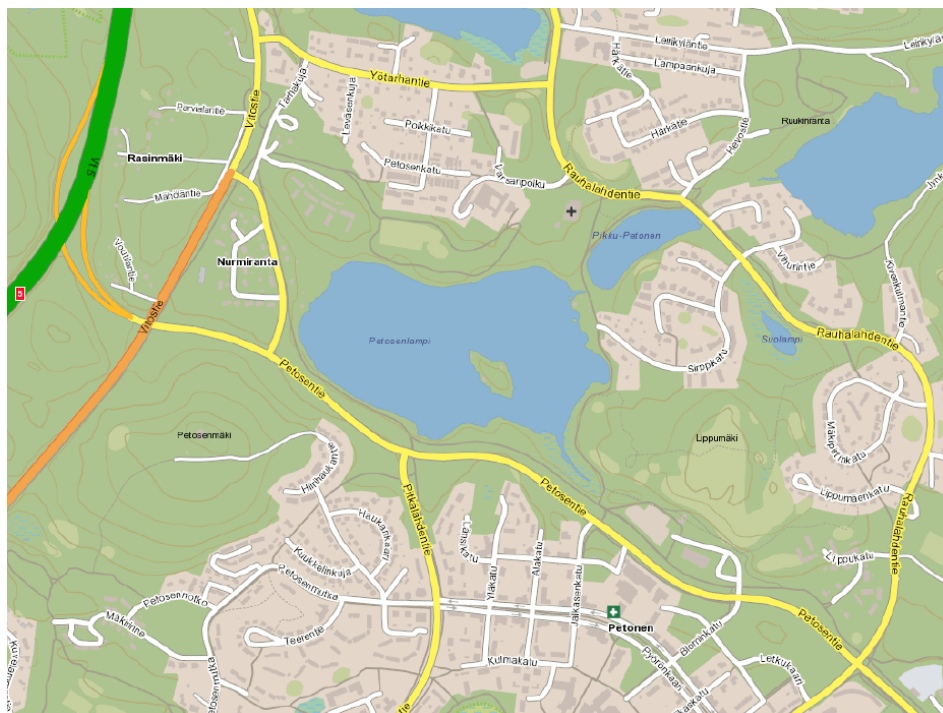
Kuvio 11. Leväsenlammen fosforipitoisuus heinäkuussa

5.3.4 Projektin toimivuus ja tulokset

Leväsenlammen hapetus on jatkunut jo yli 20 vuotta. Kuvioista 10 ja 11 voidaan päätellä kunnostuksen alkaneen tuottaa tulosta kunnolla vasta vuoden 2007 laitemuutoksen jälkeen. Projektin eteneminen jatkuu tarkkailulla ja mahdollisilla lisätoimilla. Lampeen tulevan kuormituksen vähentäminen on tärkeää lammen vedenlaadun parantamiseksi. Lammen virkistyskäyttö liittyy pääasiassa lampeen kiertäviin ulkoiluväyliin.

5.4 Petosenlampi

Petosenlampi sijaitsee Kuopion keskustan eteläpuolella Petosen kaupunginosan läheisyydessä. Petosenlampi kuuluu vesilain nojalla suojeltavana kohteena Natura 2000- verkostoon. Petosenlampi on luontaisesti rehevä. Lammen virkistyskäyttö on melko vilkasta ja lammen ympäristössä on paljon pientaloasutusta (Kuva 15). Petosenlampi laskee Pieni Petosenlammen kautta Kallaveteen. Petosenlammen tilaa on tarkasteltu tarkemmin Vesi Eko Oy:n tekemässä *Kuopion Petosenlammen tila ja kuormitus* teoksessa (Vesi Eko Oy 2005.)



Kuva 15. Karttakuva Petoskenlammesta

5.4.1 Valuma-alue

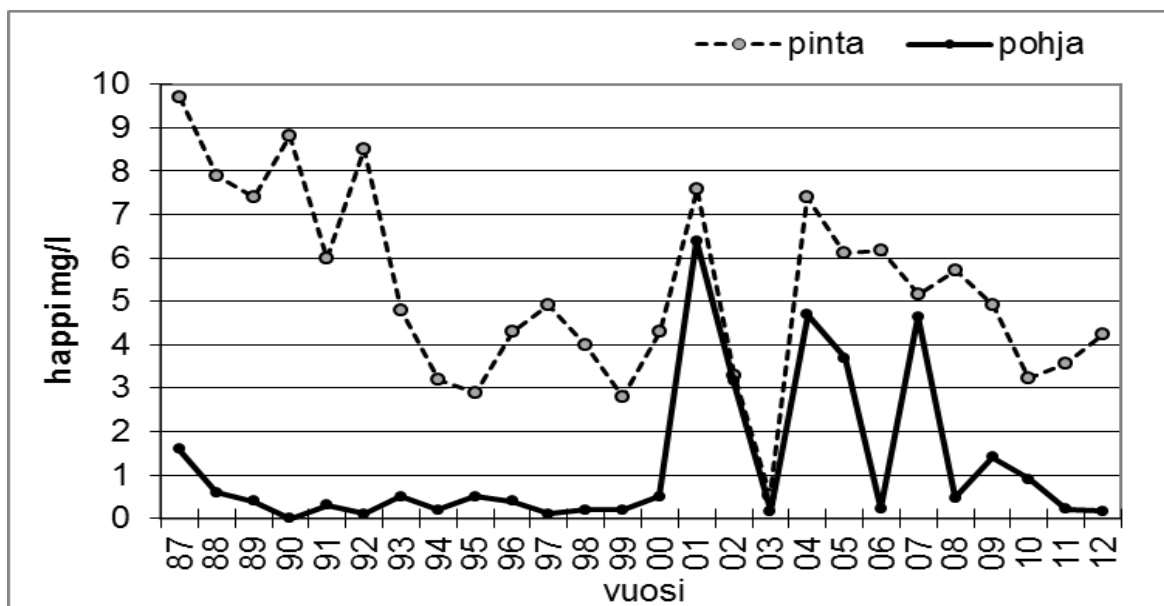
Petoskenlammen lähivaluma-alue on kooltaan 186 hehtaaria. Alueesta noin puolet on metsää ja virkistyskäyttöön tarkoitettua aluetta ja puolet asuin- ja liikennealueita. Lampeen laskee kolme oja. Lammen valuma-alueella sijaitsee kaksi jätevedenpumppaamoja, joiden ylivuotoputket laskevat vettä lampeen laskeviin ojiin. Jätevedenpumppaamoilla on sattunut ylivuotoja. Lammen valuma-alueella oli voimakasta rakentamista 80- ja 90-luvuilla, joka näkyi myös lammen vedenlaadussa. (Kuopion kaupunki 2007.)

5.4.2 Lammen hapetusprojekti

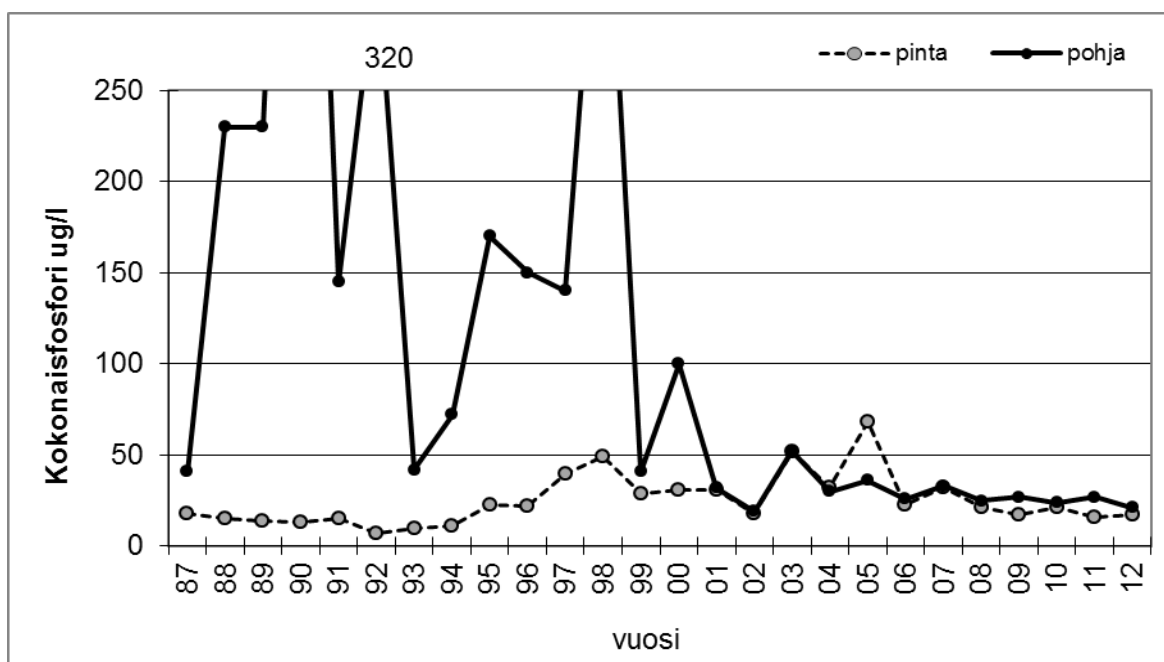
Petoskenlampea on hapetettu vuodesta 2000 lähtien. Lammen hapetus aloitettiin Mixox-laitteella, joka vaihdettiin jo samana syksynä Neutrox-hapettimeen. Laite vaihdettiin vuonna 2003 Visiox-laitteeseen. Ilman hapetusta lammen pohjanläheinen vesikerros on hapeton sekä kesällä että talvella. Hapettomuus käynnistää nopeasti sisäisen kuormituksen lammessa (Kuopion kaupunki 2007). Hapetuksen vaikutukset varsinkin uuden laitteen aikana ovat hyvin positiivisia. Lammen fosforipitoisuudet ovat laskeneet lievästi rehevän järven tasolle (kuvio 13. ja 14.) ja happipitoisuudet nousseet huomattavasti (kuvio 12).

5.4.3 Vedenlaadun kehitys

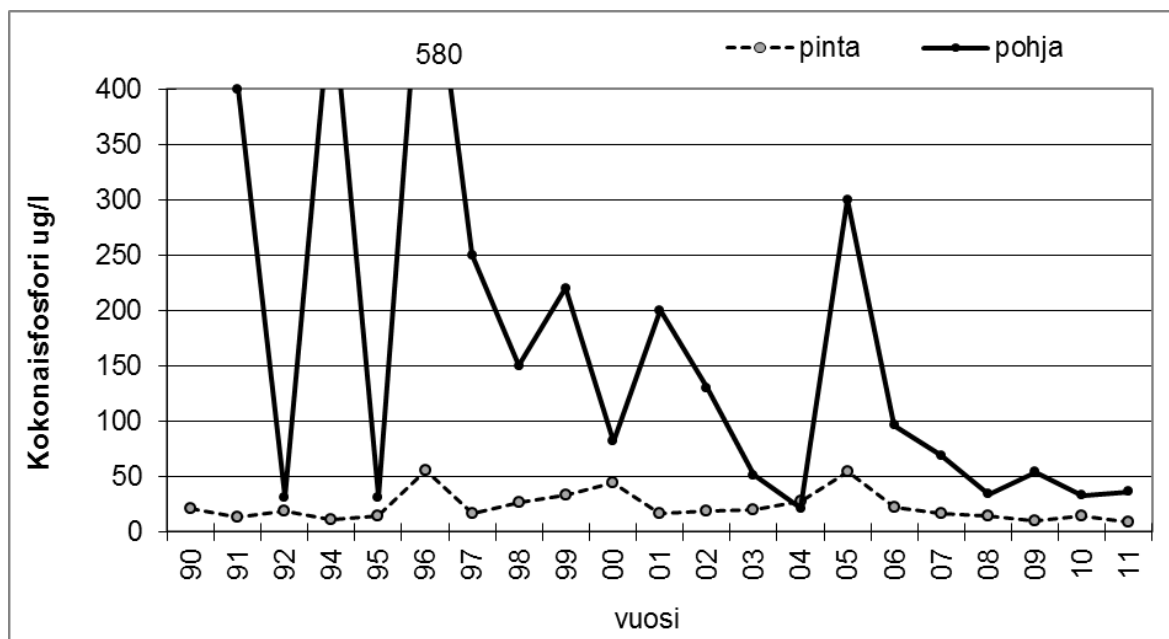
Petoskenlammen vedenlaatu oli 80- ja 90-luvulla heikko. Varisinkin 90-luvun loppupuolelle tultaessa lammessa oli paljon leväkukintoja. Lammen fosforipitoisuudet olivat erittäin korkeita, mutta vuonna 2000 aloitettu ympärivuotinen hapetus paransi lammen tilaa huomattavasti. Vuonna 2007 vaihdettu Visiox-hapetin on parantanut lammen tilannetta entisestään.



Kuvio 12. Petosenlammen happipitoisuus maaliskuussa



Kuvio 13. Petosenlammen fosforipitoisuus maaliskuussa



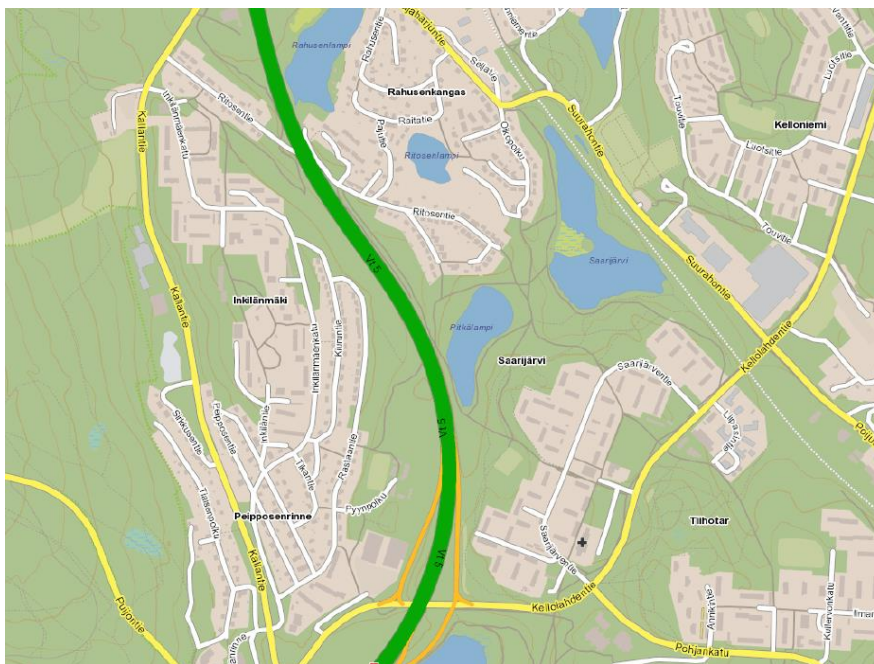
Kuvio 14. Petosenlammen fosforipitoisuus heinäkuussa

5.4.4 Projektin toimivuus ja tulokset

Petosenlammen hapetusprojekti on onnistunut hyvin. Viimeisten vuosien aikana hapetuksen tulokset ovat alkaneet selkeästi näkyä ja lammen tila on hapetuksen ansiosta ollut melko hyvä. Petosenlampi on hyvä esimerkki siitä miten hapetuksella ja sitä tukevilla hoitotoimilla voidaan saada aikaan merkittäviä muutoksia lammen vedenlaadussa. On kuitenkin muistettava että petosenlammissa on monia tekijöitä jotka mahdollistavat näin positiivisen lopputuloksen. Vaikka lammen pohjasedimentissä on paljon orgaanista materiaalia, on sen rauta-fosfori suhde kuitenkin korkea, minkä vuoksi se sitoo hapellisissa olosuhteissa fosforia. Lammen tilan muutokseen vaikuttaa varmasti myös rakentamisen päätyttyä pienentynyt kuormitus ja vuosina 1999, 2000, 2004 ja 2006 suoritettu särkikalojen kalastaminen. Projektin onnistumisessa on osansa myös perusteellisilla tutkimuksilla, joita lammesta on tehty.

5.5 Pitkälampi

Pitkälampi sijaitsee Kuopion Saarijärven kaupunginosassa. Lampi rajoittuu eteläosaltaan moottoritiehen ja sitä on moottoritien rakentamisen yhteydessä täytetty (Kuva 16). Pitkälammen rannalla ei ole asutusta mutta sen merkitys lähialueen asukkaiden virkistyskäytössä on suuri.



Kuva 16. Karttakuva Pitkälammesta

5.5.1 Valuma-alue

Pitkälammen valuma-alue on noin 26 hehtaaria. Valuma-alue jakautuu melko tasaisesti virkistysalueisiin ja asuinalueisiin. Lampeen laskee yksi hulevesiviemäri. Lampeen kohdistuu kuormitusta suurelta tialueelta. Moottoritieltä tulevan hulevesikuormituksen pienentäminen on hyvin vaikeaa ja kallista. Lammen rantojen asumattomuus vaikuttaa osaltaan siihen että lammen virkistysarvo on lähialueen asukkaille suurempi kuin lammen, jonka ympärillä olisi paljon asutusta. Lammen rannalla on kaksi uimapaikkaa ja lammen ympäri kiertää pururata.

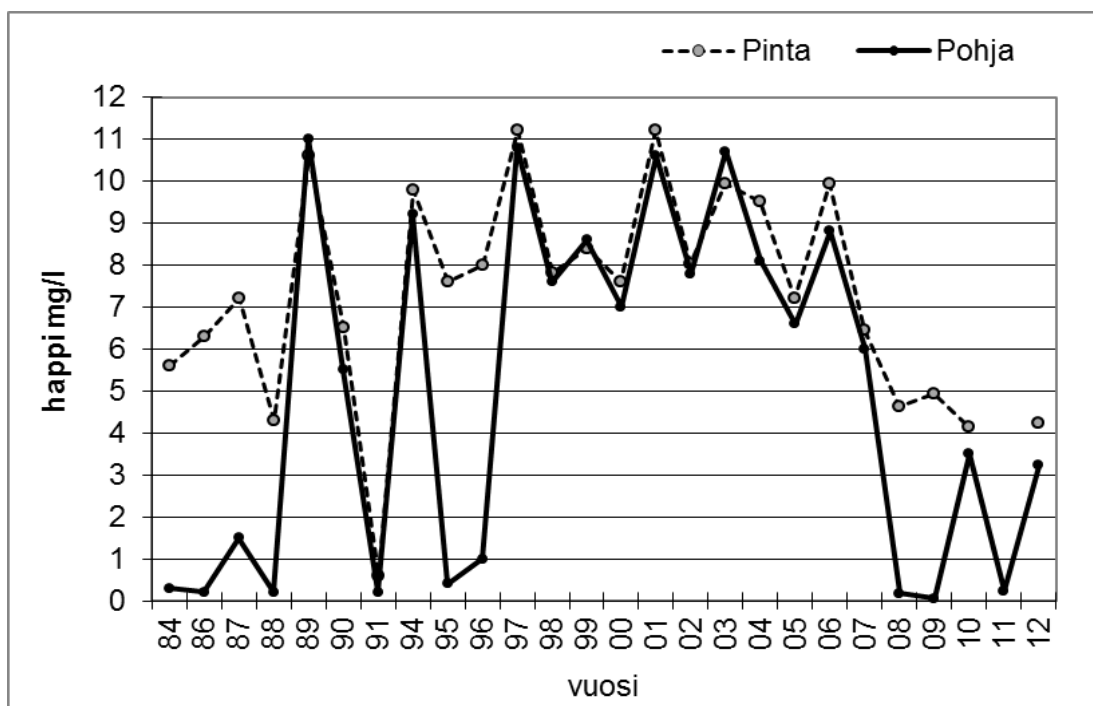
5.5.2 Lammen hapetusprojekti

Pitkälammen vedenlaatua on tarkkailtu jo 1970-luvulta lähtien. Lammen vedenlaatu on aina ollut heikko. Hapetus lammella aloitettiin vuonna 1988. Lampea hapetettiin vain talvisin vuoteen 1999 saakka, jolloin happitilanteen parannuttua päätettiin aloittaa lammen hapettaminen sekä kesällä että talvella. 1970-luvulla lammen pohjanläheiset vesikerrokset olivat usein täysin hapettomia ja hapellisen vesimassa rajoittui noin kolmeen metriin (Kuopion kaupunki 2007.). 2000-luvulla hapetuksen ansiosta lammen sisäinen kuormitus on saatu kuriin.

Lampea hapetetaan Waterix Micro -laitteella. Viime vuosina lammen hapetinlaitteen ajoittaisten ongelmien vuoksi lammen fosforipitoisuudet ovat nousseet aika-ajoin, mikä kertoo jatkuvasta hapetus-tarpeesta lammessa. Kesällä toteutettu hapetus on sekoittanut runsasravinteista vettä lammen pinnalle ja aiheuttanut päällysveden levätuotannon kasvua. Lammen tilanne on siis vedenlaatuvaaji-en perusteella menossa parempaan suuntaan mutta tilanteen korjaaminen pysyväksi vaatisi valuma-alueelta tulevan kuormituksen vähentämistä.

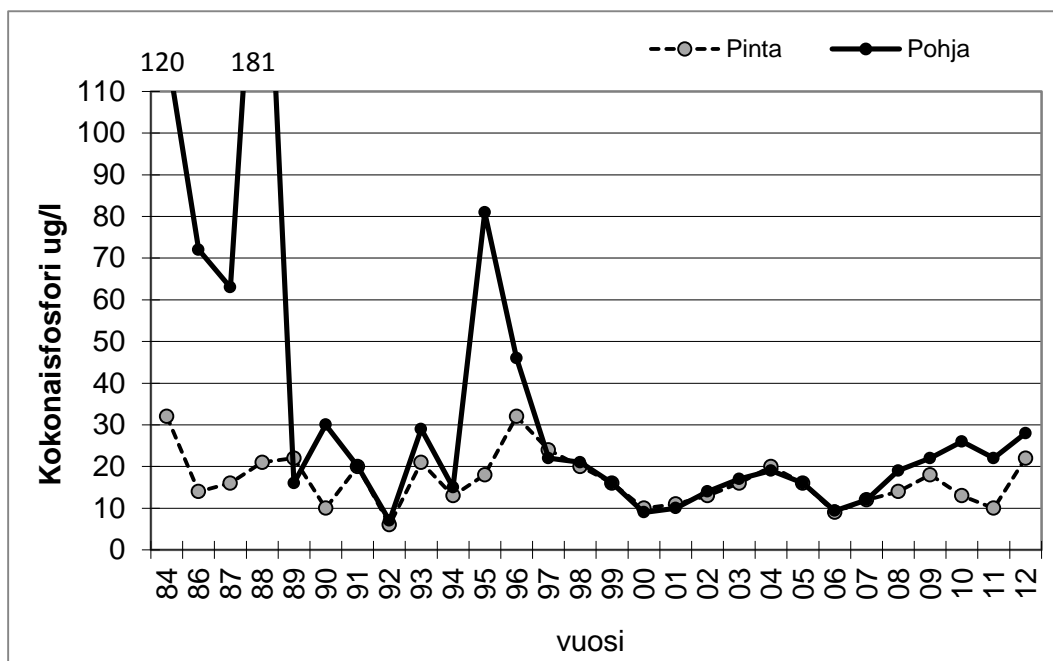
5.5.3 Vedenlaadun kehitys

Lammen vedenlaatu on saatu tasaantumaan pitkäkestoisella hapetusprojektilla. Hapettamisen aloittamisesta on 25 vuotta ja lammen tila on parantunut huomattavasti 70–80-luvun todella korkeista ravinnepitoisuuksista. Lammen happipitoisuudet ovat olleet hyvällä tasolla talvisin (kuvio 15) vaikkakin viimevuosien kuvaaja näyttää melko heikolta.

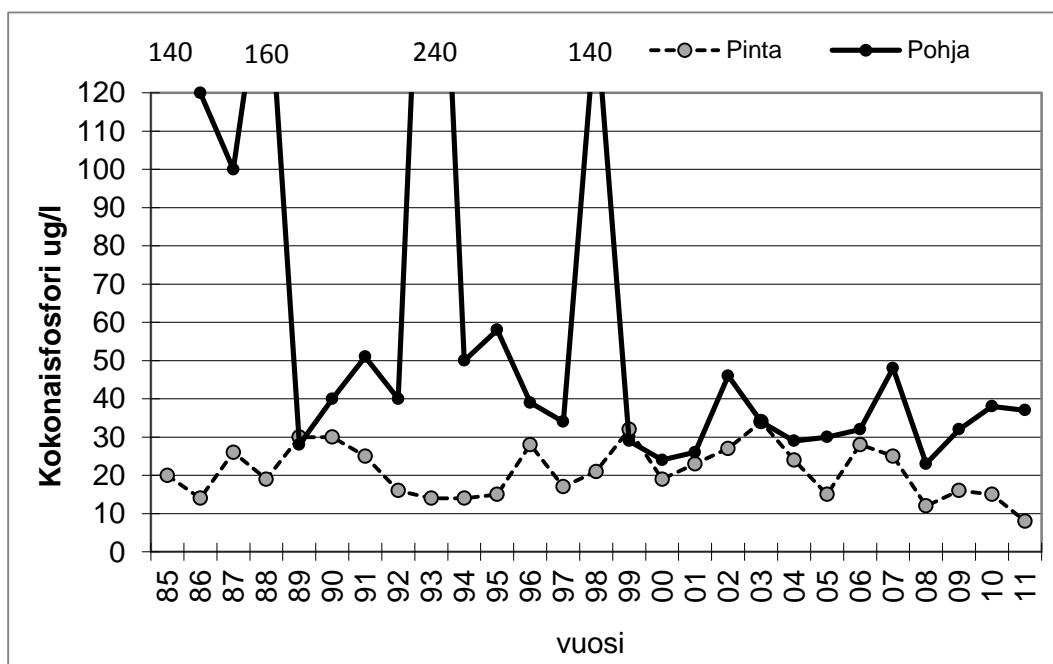


Kuvio 15. Pitkälammen happipitoisuus maaliskuussa

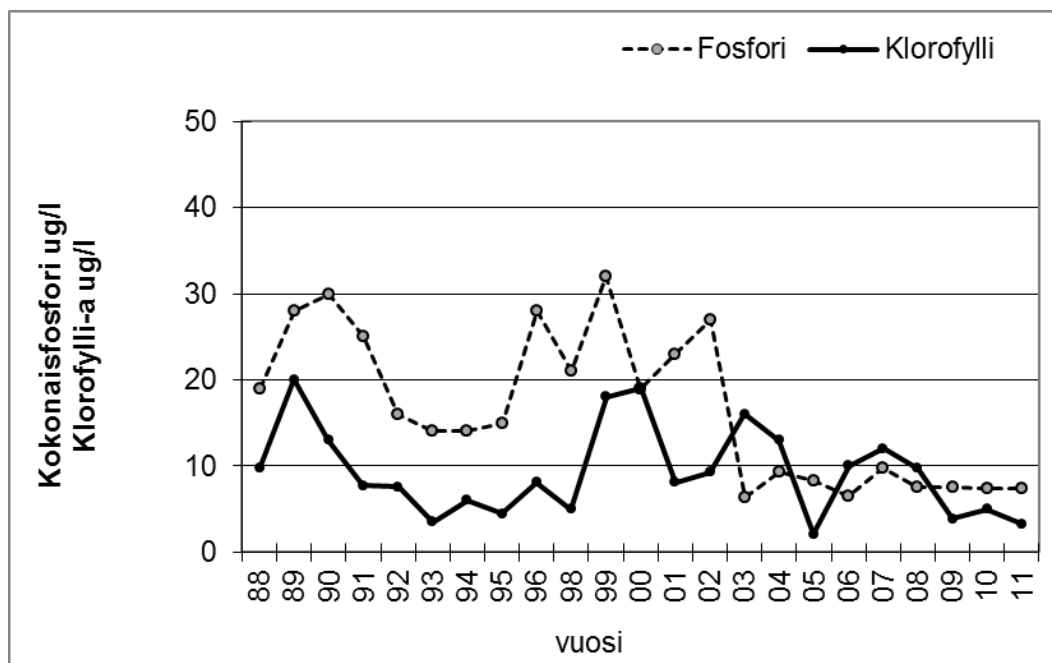
Matalat happipitoisuudet viimeisten viiden vuoden aikana selittyvät mahdollisesti hapetinlaitteen toimintahäiriöillä, jotka ovat aiheuttaneet fosforipitoisuuksien ajoittaista nousua. Lammen fosforipitoisuudet ovat pysyneet melko matalina (kuviot 16 & 17) vaikka lampi onkin vielä klorofylli -a pitoisuuksiensa (kuvio 18) perusteella Suomen Ympäristökeskuksen luokittelun mukaan lievästi rehevä tai rehevä. Kuviossa 16 voidaan huomata kohoava trendi lammen fosforipitoisuuksissa viimevuosina. Lammen tehokas hapetus on siis tärkeää, jotta lampi ei huonone niin paljon, että sisäisen kuormituksen käynnistyminen olisi mahdollista.



Kuvio 16. Pitkälammen fosforipitoisuus maaliskuussa



Kuvio 17. Pitkälammen fosforipitoisuus heinäkuussa



Kuvio 18. Pitkälammen pintaveden fosforipitoisuus ja klorofylli -a pitoisuus heinäkuussa

5.5.4 Projektin toimivuus ja tulokset

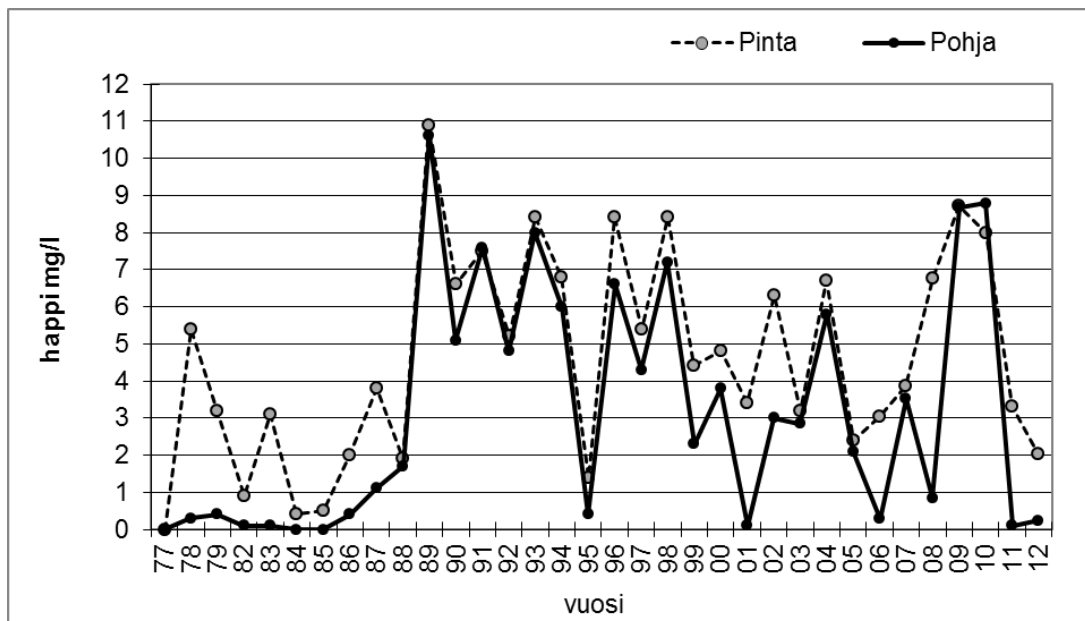
Projektilla on saavutettu huomattavia tuloksia lammen vedenlaadussa. Lammen käytettävyyteen tulokset heijastuvat viiveellä. Pitkällä aikavälillä lammen vedenlaatu on parantunut ja tulee parantumaan jos projektia jatketaan ja hapetinlaitteen viimevuosien ongelmat saadaan ratkaistua.

5.6 Sammakkolampi

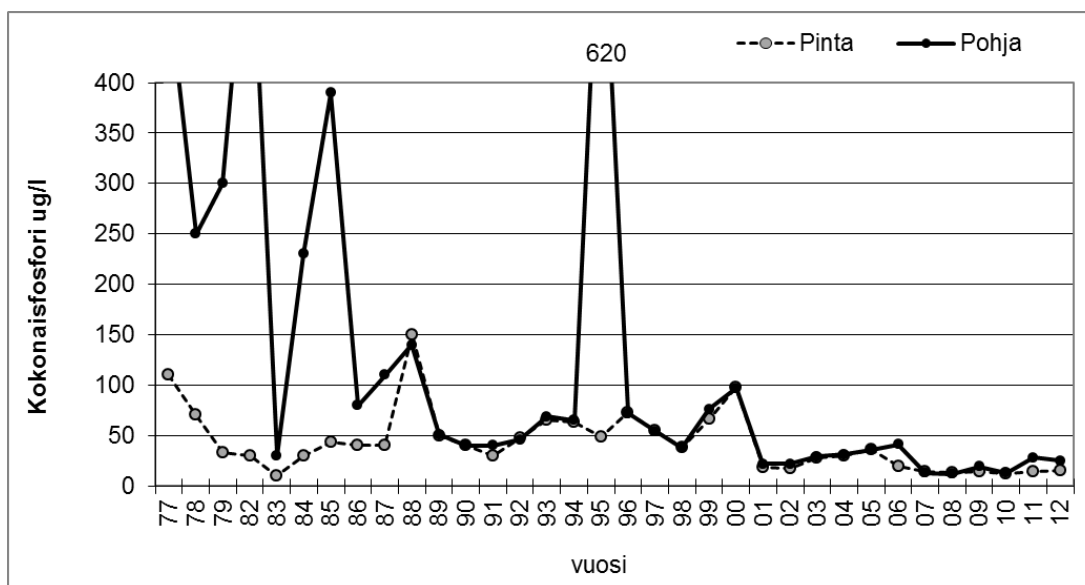
Sammakkolampi on Keskustan Valkeisen ohella tärkeimpiä Kuopion lampia virkistyskäytön näkökulmasta tarkasteltuna. Sammakkolampi sijaitsee keskustan länsipuolella Puijonlaakson alueella (Kuva 17). Lammen ympäristössä asuu paljon ihmisiä ja Sammakkolampi on oleellinen osa Puijonlaakson alueen identiteettiä. Lampea käytetään kalastukseen, uimiseen sekä muuhun virkistyskäyttöön. Lampi on etenkin kesäaikaan hyvin aktiivisessa käytössä sekä sitä ympäröivä hyvin hoidettu puistoalue on tärkeä maisemallinen tekijä.

5.6.3 Vedenlaadun muutokset

Vedenlaadussa on saatu aikaan huomattavia tuloksia, joskin kunnostusprojekti on kestänyt jo yli 25 vuotta. Lammen fosforipitoisuudet ovat laskeneet hapettamisen seurauksena selvästi. Lammen kunnostukseksi tehdyt muut toimet ovat myös laskeneet ravinnepitoisuuksia tasolle, jolla nykyisin ollaan. Lammen hapetinlaitteessa on esiintynyt satunnaisia ongelmia ja kuvioista 19 ja 20 voidaan huomata, että happitilanteen heikentyessä on lammen sisäinen kuormitus käynnistynyt hyvin nopeasti ja pohjanläheiseen vesikerrokseen on liuennut ravinteita.



Kuvio 19. Sammakkolammen happipitoisuus maaliskuussa

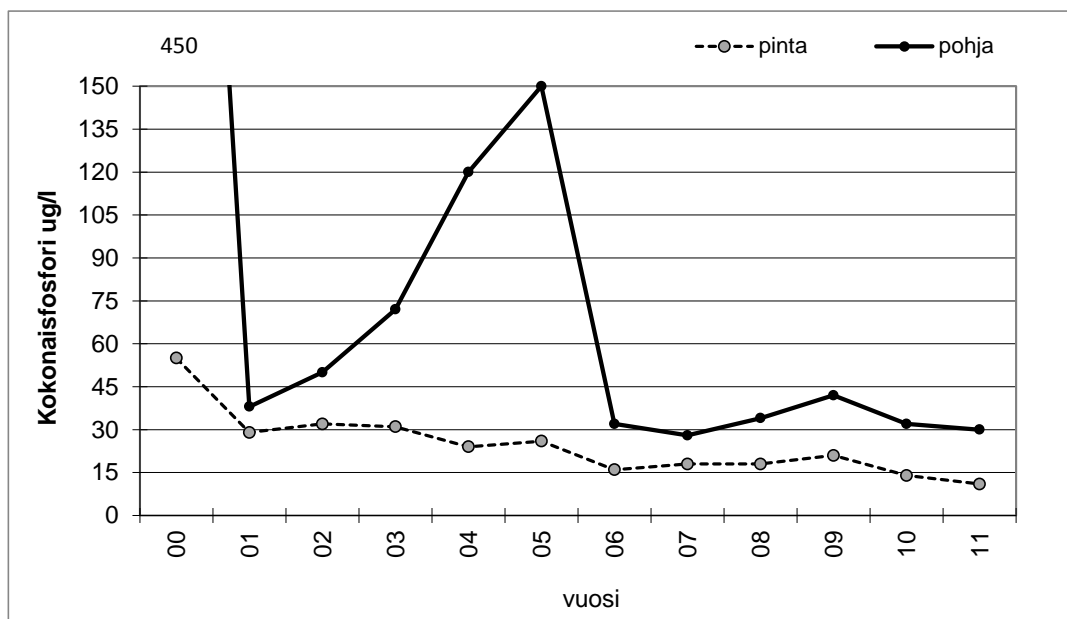


Kuvio 20. Sammakkolammen fosforipitoisuus maaliskuussa

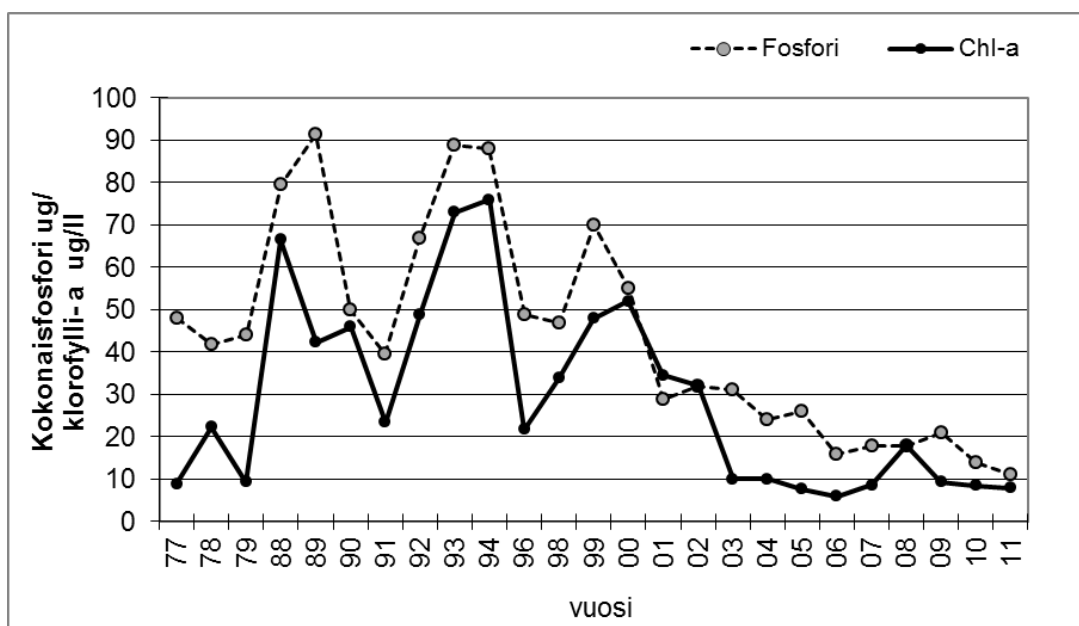
5.6.4 Projektin toimivuus ja tulokset

Lammen kunnostamisessa on saavutettu hyviä tuloksia ja Sammakkolammen vedenlaatu on ollut 2000-luvulla tyydyttävällä tasolla. Lammen klorofyllitasot ovat olleet lähes koko 2000-luvun ajan alle

20 µg/l (kuvio 22). Hapetus on Sammakkolammessa tehonnut hyvin ja toimiva hapetuslaite pitää lammen sisäisen kuormituksen kurissa.



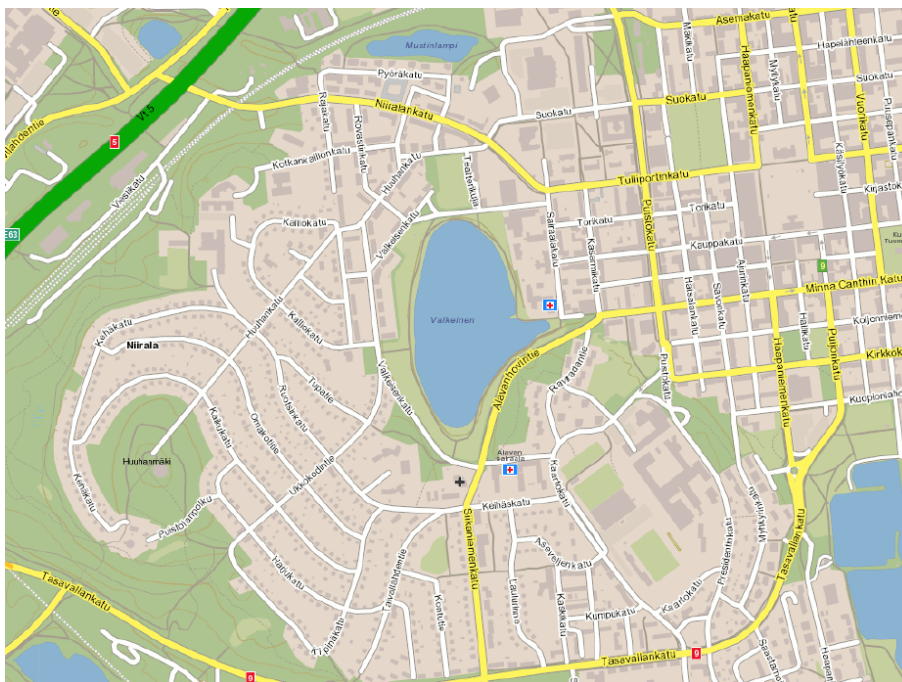
Kuvio 21. Sammakkolammen fosforipitoisuus heinäkuussa



Kuvio 22. Sammakkolammen pintaveden fosfori- ja klorofylli-a -pitoisuudet heinäkuussa

5.7 Keskustan Valkeinen

Keskustan Valkeinen on tärkein lampi tarkasteltaessa Kuopion lampien virkistyskäyttöarvoa ja vaikutusta kaupunkikuvaan. Lampi sijaitsee Keskustan ja Niiralan kaupunginosien välissä (kuva 18). Lammen ranta-alue on puistomainen ja siihen on panostettu hyvin merkittävästi. Valkeista käytetään ympäri vuoden monilla tavoilla. Lammen vedenlaadulla on hyvin suuri merkitys ja lammessa esiintyvät ongelmat nousevat nopeasti kuumaksi keskustelunaiheeksi kaupunkilaisten keskuudessa.



Kuva 18. Karttakuva Keskustan Valkeisesta

5.7.1 Valuma-alue

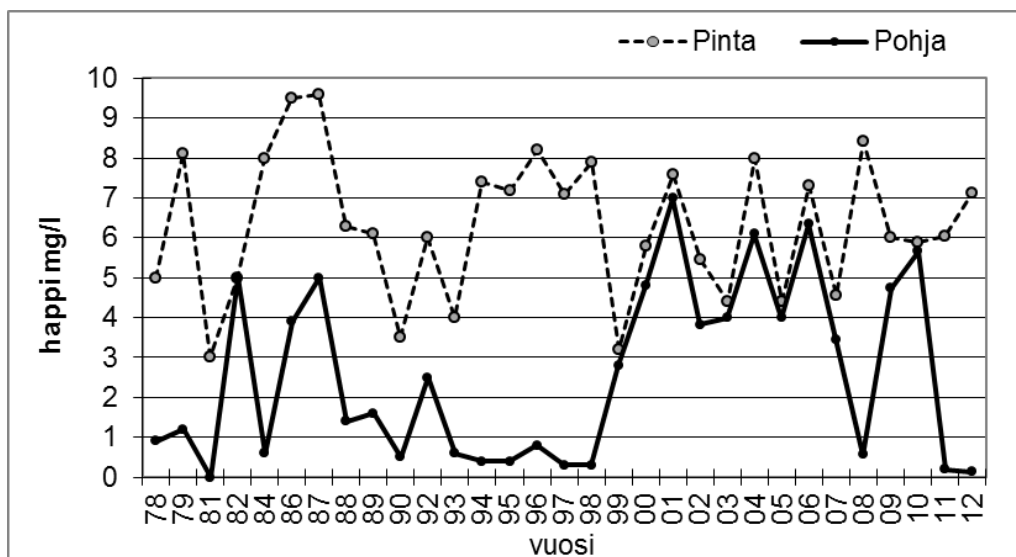
Valkeisen valuma-alue on lähes kokonaan rakennettua aluetta. Valkeisen valuma-alueen koko on 57 hehtaaria ja valtaosa siitä on asuin-, palvelu- tai liikennealuetta. Valuma-alueen ravinnekuormitus on todennäköisesti huomattavan suurta luonnonmukaiseen tilanteeseen verrattuna vaikka itse valuma-alue on kooltaan melko tyypillinen Valkeisen kokoiselle lammelle. Lampeen laskee viisi hulevesiviemäriä. Lammen vedenlaadussa on ollut ongelmia 1970-luvulta lähtien. Kalakuolemat ja leväkuinnot johtivat lammen kunnostustoimien aloittamiseen 1980-luvulla.

5.7.2 Lammen hapetusprojekti

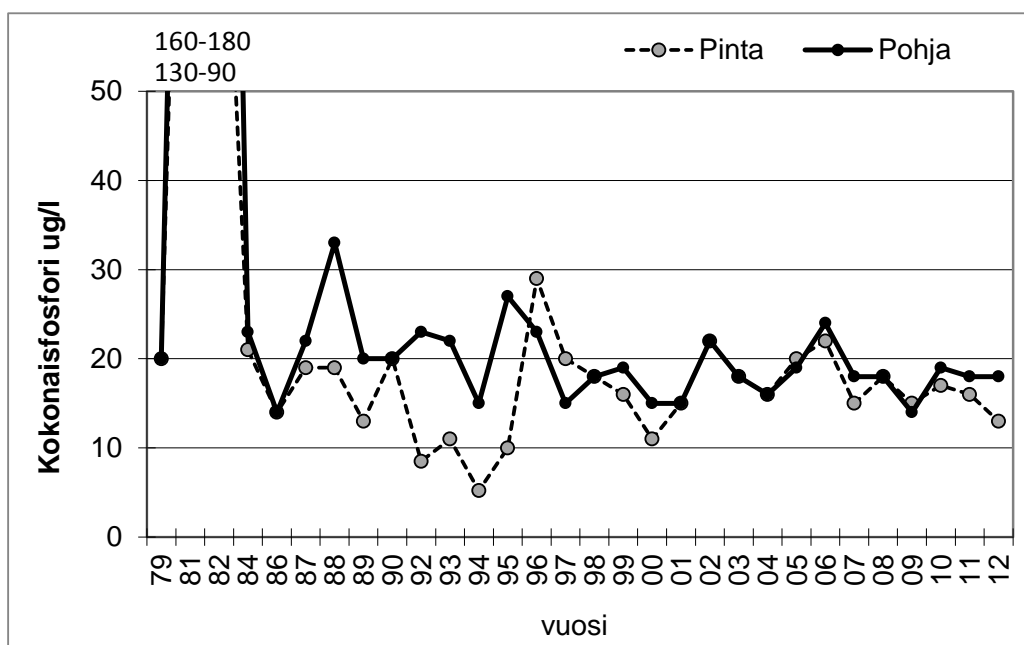
Valkeisen hapetus aloitettiin vuonna 1981. Hapetusta on sen jälkeen käytetty hieman katkonaisesti 80- ja 90-lukujen ajan, kunnes 2000-luvun alussa lammen säännöllinen talvihapetus aloitettiin. Lammen hapetin vaihdettiin vuonna 2006 Visiox-hapettimeen, jota voidaan käyttää ympäri vuoden. Lammen talvenaikainen happitilanne on ollut hyvä jo kymmenen vuoden ajan. Kesäisin lammen pohjanläheisissä kerroksissa esiintyy vähähappisuutta. Kesän aikana tapahtuva hapen loppuun kuluminen aiheuttaa lammessa sisäisen kuormituksen käynnistymisen, jonka vuoksi lammen fosforipitoisuudet nousevat huomattavasti.

5.7.3 Vedenlaadun kehitys

Keskustan Valkeisen vedenlaatu oli 70- ja 80-lukujen vaihteessa todella huono. Lammen ajoittaisen hapetuksen avulla talviaikaiset fosforipitoisuudet saatiin pidettyä kurissa (kuviot 23. & 24.), mutta kesäisin lammen sisäinen kuormitus on käynnistynyt useimpina kesinä ainakin jossain määrin (kuvio 25). Lammen rehevyyttä kuvaava klorofylli- a arvo on pysynyt alle 10µg/l jo yli kymmenen vuoden ajan (kuvio 26). Lammen hapettamisen jatkaminen on erittäin tärkeää, sillä on selvää että lammen sisäinen kuormitus käynnistyy hyvin nopeasti, jos lammen happitilanne heikkenee.



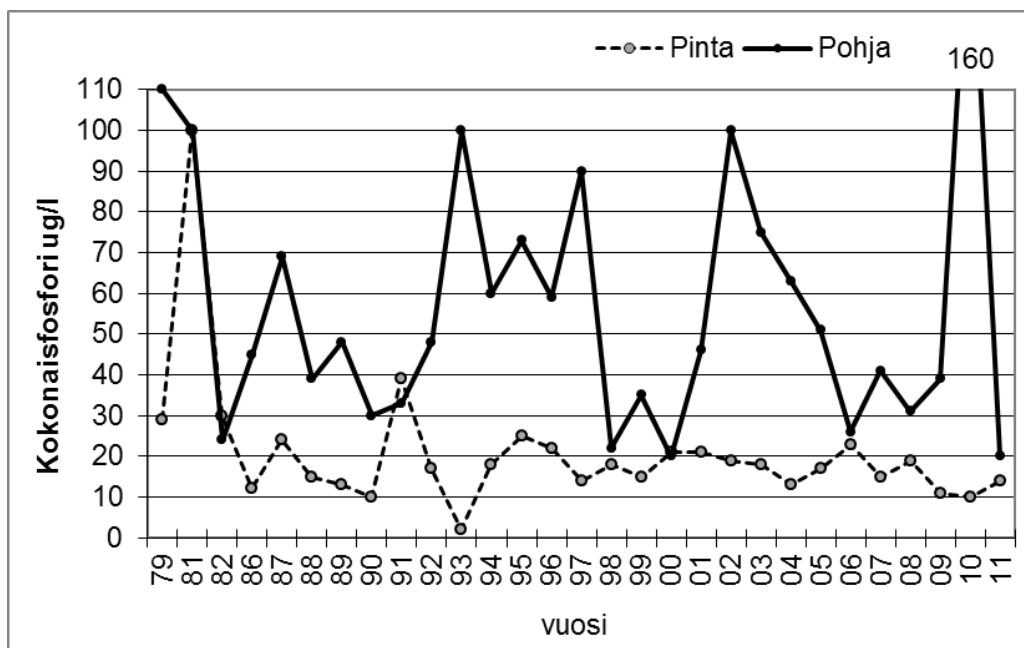
Kuvio 23. Keskustan Valkeisen happipitoisuudet maaliskuussa



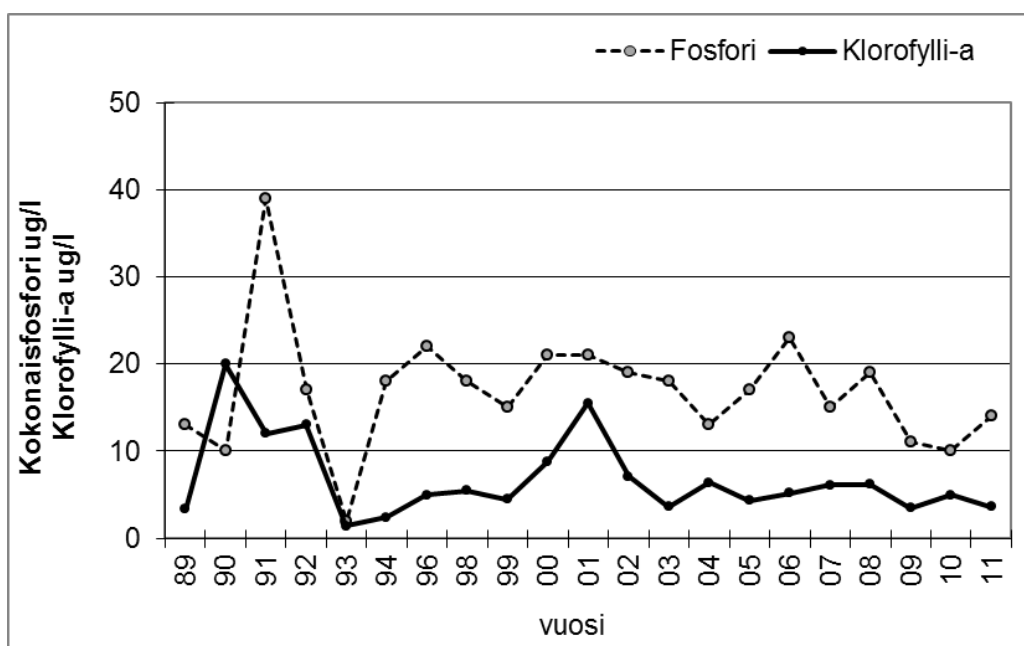
Kuvio 24. Keskustan Valkeisen fosforipitoisuudet maaliskuussa

5.7.4 Projektin toimivuus ja tulokset

Lammen hapetuksella on saatu aikaan positiivista kehitystä erityisesti lammen talviaikaisessa vedenlaadussa. Kesäaikaan lammen hapetus ei riitä pitämään pohjanläheistä vesimassaa hapellisena ja kesäisin lammessa on vieläkin esiintynyt levälauttoja. Hapetuksen tehostaminen ei kuitenkaan riitä parantamaan lammen vedenlaatua pysyvästi, vaan valuma-alueelta lampeen kohdistuvan kuormituksen pienentäminen on ainoa toimiva keino saavuttaa tuloksia.



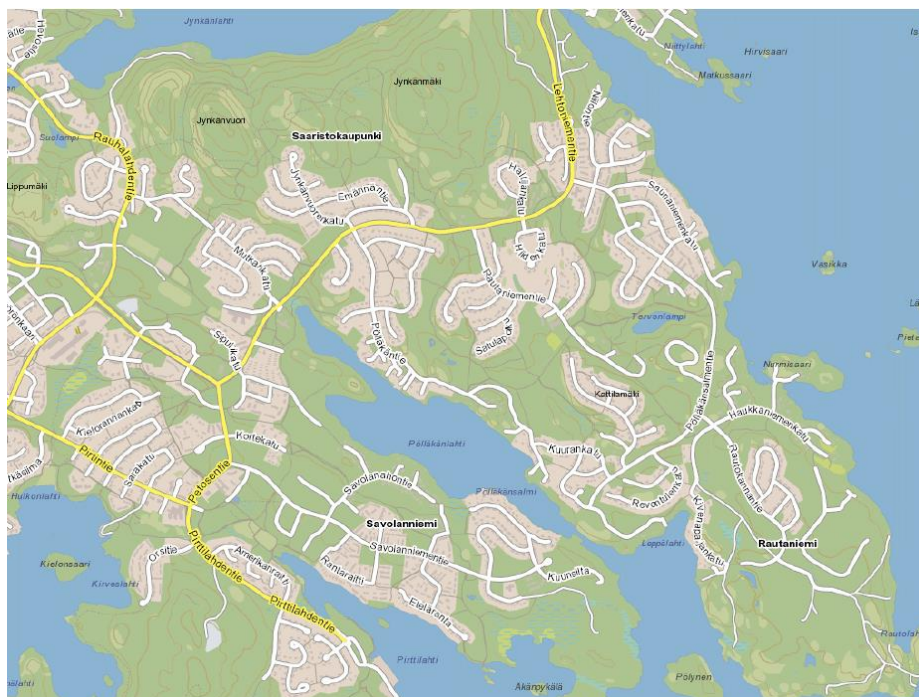
Kuvio 25. Keskustan Valkeisen fosforipitoisuudet heinäkuussa



Kuvio 26. Keskustan Valkeisen pintaveden fosfori- ja klorofylli- a -pitoisuudet heinäkuussa

5.8 Pölläkänlahti

Pölläkänlahden ottaminen mukaan tarkasteltavien pienvesien joukkoon voi tuntua omituiselta. Onhan Pölläkänlahti osa Kallavettä. Pölläkänlahden muoto on kuitenkin sellainen että vedenvaihtuvuus Kallaveteen on hyvin vähäistä ja lahden olemus ja ongelmat muistuttavat useiden rakennetulla alueella sijaitsevien lampien ongelmia. Pölläkänlahden valuma-alue on suurelta osin rakennettua aluetta (kuva 19). Saaristokaupungin asuinalueen rakentuminen on saartanut koko lahden ympäristön viimeisten 15 vuoden aikana. Lahden vedenlaadun heikkeneminen ja runsaat sinileväkukinnot havaittiin 2000-luvun alussa.



Kuva 19. Karttakuva Pölläkänlahdesta

5.8.1 Valuma-alue

Pölläkänlahden valuma-alue koostuu huomattavan suurelta osalta asuinalueista, jotka ovat pääasiassa rivitalo- ja omakotitaloalueita. Lahden luontainen valuma-alue on ollut melko suuri lahden vedenvaihtuvuutta ajatellen ja lahti on ollut rehevä jo pitkään. Alueen rakentaminen kuitenkin käynnisti prosessin, joka teki lahden kunnostuksen välttämättömäksi. Luonnontilaisen maa-alueen rakentaminen voi pahimmillaan nostaa vesistöjen hulevesikuormituksia moninkertaisiksi. Lahden valuma-alueelle on tehty kuitenkin paljon hulevesien pidättämiseen liittyviä ratkaisuja, jotka osaltaan auttavat lahden ongelmien ratkaisemisessa. Lahden ympärille on rakennettu useita kosteikkoja ja lampen laskevien ojen juoksun hidastamiseksi on ojiin tehty patoja.

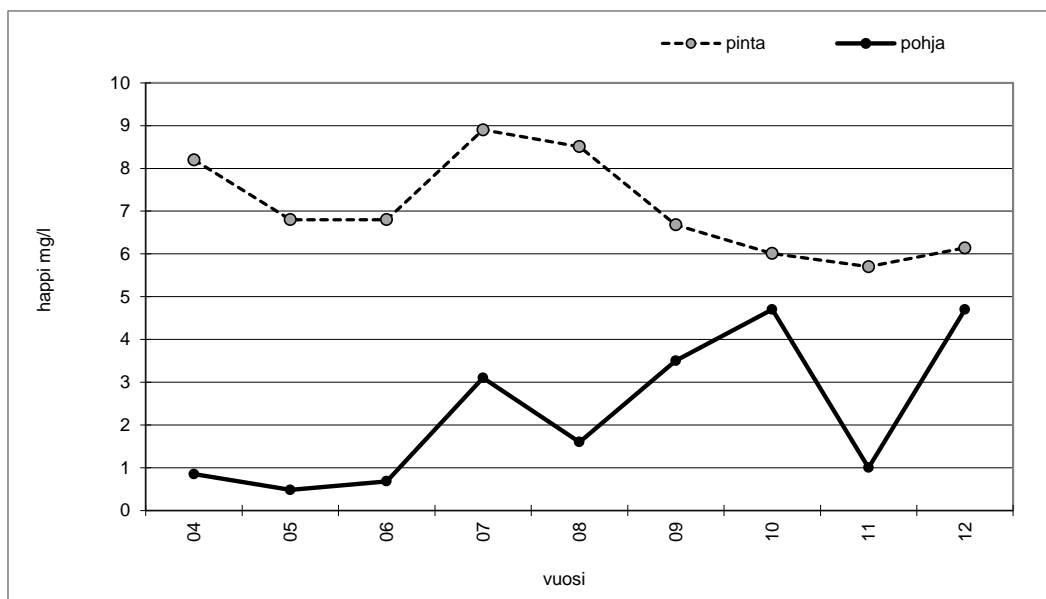
5.8.2 Lammen hapetusprojekti

Pölläkänlahden hapetus aloitettiin vuonna 2004. Lahdessa oli havaittu useina vuosina hyvin voimakkaita leväkukintoja ja lahden vedenlaatuarvot kertoivat lahden voimakkaasta sisäisestä kuormituksesta. Lahden kunnostus aloitettiin hapettimen asentamisella. Hapettimeksi valittiin lahden melko suuren pinta-alan vuoksi Waterix-laite, joka levittää vaikutuksensa suurelle alueelle. Hapetusprojektin toimivuus on ollut melko odotetunlainen. Lahden vedenlaatu on viimevuosina parantunut, joskin lahden vedenlaadun eteen on tehty myös paljon töitä, kuten edellä on mainittu.

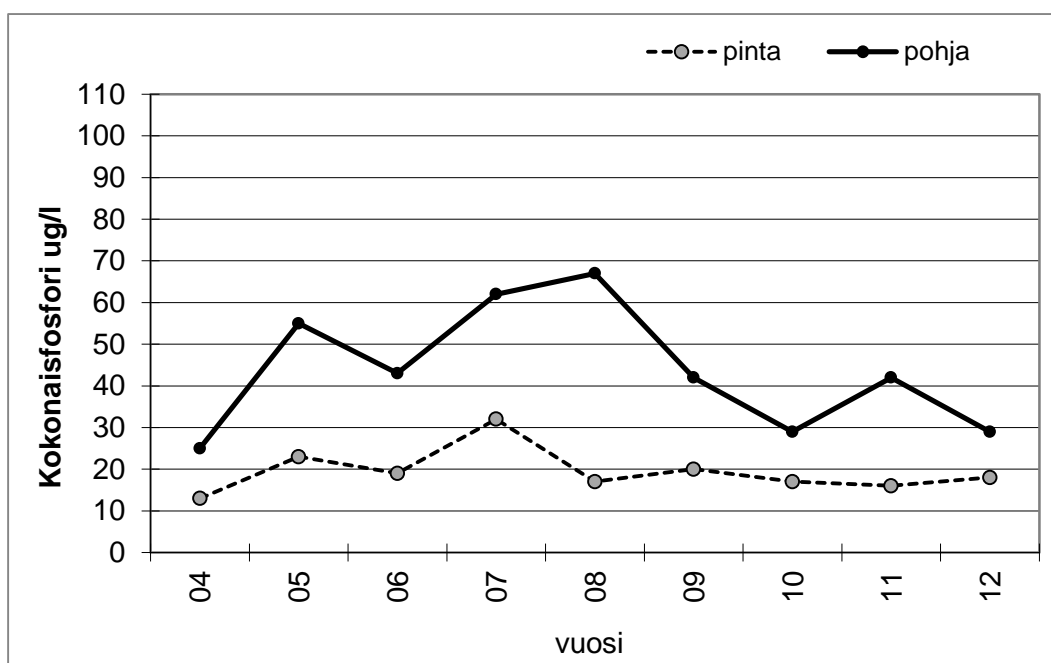
5.8.3 Vedenlaadun kehitys

Pölläkänlahden vedenlaatu on kehittynyt melko tasaisesti positiiviseen suuntaan ja kunnostuksen alkaessa lahtea vaivanneet leväkukinnat ja sisäisen kuormituksen aiheuttamat korkeat fosforipitoisuudet ovat poissa (kuviot 27 ja 28). Lahden suuta avataan Pölläkänsalmen sillan rakentamisen yhteydessä. Tuo maamassojen poisto laajentaa salmea ja lisää vedenvaihtuvuutta lahden ja Kallaveden

välillä. Lisääntynyt vedenvaihtuvuus auttaa toivottavasti lahden tilanteen paranemista ja mahdollisesti joskus poistaa tarpeen hapettaa lahtea.



Kuvio 27. Pölläkänlahden happipitoisuus maaliskuussa



Kuvio 28. Pölläkänlahden fosforipitoisuus maaliskuussa

5.8.4 Projektin toimivuus ja tulokset

Pölläkänlahti on hyvä esimerkki tilanteesta, jossa nopeasti huonontunut vedenlaatu saadaan kuriin yhdistämällä hapetus valuma-alueella tehtävien ratkaisujen kanssa. Viimeaikaiset muutokset lahden virtaamassa aiheuttavat todennäköisesti vedenlaadun paranemista ja mahdollisesti johtavat Pölläkänlahden vedenlaadun muuttumiseen kohti Kallaveden vedenlaatua.

6 KUOPION LAMMILLA KÄYTETTÄVIEN LAITTEIDEN YLEISIMMÄT ONGELMAT

Hapetinlaitteiden toiminnan arvioimiseksi on tärkeää tietää laitteiden toiminnassa ongelmista ja mahdollisista negatiivisista vaikutuksista lampien käytettävyyteen. Kuopion kaupungin pienvesien kunnostuksen toteuttamisesta vastaa kaupungin kalastusmestari Esko Pekkarinen. Pekkarinen on toiminut pienvesien kunnostuksessa mukana jo 70-luvulta lähtien ja hänellä on paljon tietoa ja taitoa käytettävistä laitteista. Laitteiden toimintaongelmia on selvitetty haastatteluissa Esko Pekkarisen kanssa ja tutkimalla kirjallisuutta.

Selvityksen aikana on käynyt selväksi, että yleisesti laitteiden toiminta on hyvällä tasolla. Huomattavia ongelmia aiheuttaa kuitenkin jäätyminen, joka on jokatalvinen ongelma. Jäätyminen voi aiheuttaa laitteille pitkiä toimimattomuusjaksoja ja kunnostustöistä huolimatta laitteita ei välttämättä saada takaisin toimintaan pitkään aikaan. Kehitystyötä tarvitaan, jotta laitteiden toiminta saadaan Suomen haastavan ilmaston vaatimalle tasolle.

Kuopion lammilla käytetään neljää eri hapetuslaitetta. Laitteiden toimintaperiaatteet vaikuttavat laitteissa esiintyviin ongelmiin huomattavasti. Laitteiden toiminnassa olevat ongelmat voidaan kuitenkin jakaa osittain kahteen ongelmaluokkaan. Yleisin laitteiden toiminnassa esiintyvä häiriö on laitteiden osien kuluminen. Kuluminen ei sinällään ole häiriö mutta sähkömoottorin tai alennusvaihteen rikkoutuminen aiheuttavat hapettimen toiminnan katkeamisen, joten tällaista tilannetta voidaan pitää ongelmallisena. Kaikkia Kuopiossa käytettäviä laitteita käytetään nykyisin ympärivuoden.

Haastattelussa Esko Pekkarisen kanssa (4.4.2013) selvisi että laitteiden normaali käyttöikä suurempien huoltojen välissä on noin kahdesta kolmeen vuotta. Laitteiden yleisimmät rikkoontuvat osat ovat siis laitteen moottori tai alennusvaihte, joka muuttaa moottorin kierrokset sopiviksi potkurin käyttöön. Mekaaniset viat ovat väistämättömiä otettaessa huomioon hapetinlaitteiden toimintaympäristö. Veden, lämpötilavaihtelujen, sähkömoottorin ja mekaanisten vaihteiden yhdistäminen kestäväällä tavalla on hyvin haastavaa. Tämä yhdistelmä on kuitenkin saatu toimimaan kiitettävästi ja kohtuullisen vähäisellä huollolla. Laitteiden toiminnassa esiintyy myös ongelmia jotka ovat hyvin laitekohtaisia. Näiden ongelmien ratkaisemiseksi on Kuopiossa tehty kokeiluja ja joitain ongelmia on saatu myös ratkottua.

6.1 Mixox-laitteen ongelmat

Laitteen toiminta on melko ongelmaton. Normaalia kulumisesta johtuvaa alennusvaihteen rikkoutumista tai moottoriongelmia on aika-ajoin. Laitteen käyttöä nostamiseksi laitteen käytössä voidaan kokeilla erilaisia öljyjä, jotka mahdollisesti nostavat laitteen käyttöikää ja lisäävät toimintavarmuutta.

6.2 Visiox-laitteen ongelmat

Visiox-laitteiden ongelmat johtuvat pääasiassa laitteeseen kertyvästä jääkerroksesta. Talvella laitteen moottorin päälle pääsee kertymään jäätä ja tämä aiheuttaa laitteen painumista. Jään kertyminen ei kuitenkaan ole ollut suuri ongelma tässä laitetyypissä. On kuitenkin mahdollista että hyvin epäsuotuisa sääjakso kerryttää jäätä ja lunta laitteen päälle niin paljon että laite uppoaa kokonaan veteen. Tällainen tilanne sammuttaa tai rikkoo laitteen. Visiox-laitteen hyväksi puoliksi on listattu laitteen ilmastusaltaan muoto, joka on pohjalta suljettu ja siten pysyy ylipaineisena laitteen ollessa toiminnassa. Pressusta tehty ilmastusallas toimii siis Visiox-laitteessa hyvin.

6.3 Aqua turbo -laitteen ongelmat

Visiox-laitteen sisarlaite Aqua Turbo kärsii jäätymisongelmista enemmän kuin Visiox. Laite suihkuttaa vettä ympärilleen niin pieninä pisaroina että vesi jäätyy talvella helposti ja aiheuttaa laitteen uppoamista (kuva 20). Laitteen uppoaminen aiheuttaa laitteen toiminnan keskeytymisen ja mahdollisesti sähkömoottorin rikkoutumisen. Laitteen toiminta on muuten erinomaista mutta jäätymisongelmat aiheuttavat työtä talviaikaan. Kuvassa 1 Aqua Turbo -hapetin on vielä toiminnassa mutta jo nyt laitteella on jääongelmia. Kuvassa 21 laite on uponnut kokonaan jään sisään ja lakannut toimimasta.



Kuva 20. Sammakkolammen Aqua Turbo -laitteen toimintaa talvella (Esko Pekkarinen 2010)



Kuva 21. Sammakkolammen Aqua Turbo -laite jään peitossa (Esko Pekkarinen 2010)

6.4 Waterix-laitteen ongelmat

Waterix Micro- laitteen ongelmana on ollut laitteen vedenottoputkessa olevan sihdin tukkeutuminen. Vedenottoputki yltää melko lähelle pohjaa, josta vedenvirtauksen mukana sihtiin imeytyy kaloja ja kasveja. Sihdin tukkeutuessa vedenvirtaus vaikeutuu ja tämä voi rikkoa sähkömoottorin. Waterix-hapettimen ilmastusallas on pressusta tehty putki, joka on pohjaltaan auki. Tämä luo ongelman pressun liikkumisen muodossa. Pressun sisäpuolella tapahtuu virtausta ja ulkopuolella oleva vesimassa saa aikaan paine-eron. Pressu painuu keskiosaltaan kasaan ja voi aiheuttaa pressun sotkeentumisen tai jopa osittaisen ympärikääntymisen. Tällainen tilanne aiheuttaa veden virtaukselle ongelmia ja voi mahdollisesti johtaa veden virtaukseen pressun laidan yli.

Laite	Visiox	Waterix- micro	Aqua Turbo	Mixox
Käyttökohteet	Keskustan Valkeinen Leväsenlampi Petosenlampi	Pitkälampi Kivilampi Pölläkanlahti	Sammakkolampi	Iso- Valkeinen
Havaitut ongelmat	Mekaaniset rajoitteet vaativat moottorin tai alennusvaihteen huoltoa noin 2-3 vuoden välein. Oksa rikkonut moottorin Keskustan Valkeisella	Laitteen päälle kertyy jäätä. Laitteen ilmastusallas ei pysy kassassa ja sotkeentuu. Laitteen siivilä tukkeentuu	Laitteen toiminta kärsii huomattavasti jäätymisestä. Laitteen päälle kertyy paljon jäätä, joka upottaa laitteen.	Mekaaniset rajoitteet vaativat laitteen moottorin tai alennusvaihteen huoltoa noin 2-3 vuoden välein.
Korjaustoimet ja ongelman vakavuus	Moottorien tai alennusvaihteen vaihto, jolloin laite poissa käytöstä. Oksa rikkoi koko laitteen, jolloin useamman viikon katkos	Jäätymisen ehkäisy riittävällä huollolla. Ilmastusaltaan sotkeentuminen aiheuttaa veden virtaukseen häiriöitä ja sen korjaaminen vaatii laitteen sammuttamista. Siivilän vaihtaminen tai putsaaminen vaatii laitteen sammuttamisen	Laitetta täytyy talvella huoltaa ja sulattaa. Laite voi rikkoo itsensä jään ansiosta ja on toimimattomana jos se painuu jään sisään.	Moottorin tai alennusvaihteen vaihto, jolloin laite poissa käytöstä
Parannusehdotukset	Parannetuilla siivilöillä voidaan estää onnettomuuksia. Mekaanista kulumista on vaikea estää	Parannetuilla siivilöillä voidaan parantaa laitteen kestoä. Ilmastusaltaan tukeminen tai alaspäin kapeneva allas voisivat tehota.	Laitteen rakennetta voisi muuttaa tai kokeilla suojarakenteita, jotka pitäisivät laitteen sulana.	Erilaisten öljyjen kokeilu laitteissa voisi pidentää käyttöikää.

Taulukko 3. Kuopion kaupungin alueella käytössä olevien lampien ongelmien yleiskatsaus

7 LAITTEIDEN MITOITUS, VALINTA JA VAIKUTUKSET

Vesistön hapetuksen onnistuminen on useiden muidenkin kunnostusmenetelmien tavoin voimakkaasti riippuvainen suunnittelusta ja mitoitukselta. Hapetettavan vesistön ollessa voimakkaasta ulkoisesta ja mahdollisesti sisäisestä kuormituksesta kärsivä lampi on mitoitus ja oikea laitevalinta korostetussa roolissa. Vesistöjen kunnostus on pitkäjänteistä työtä, jossa hapetinlaitteita saatetaan joutua käyttämään jopa kymmeniä vuosia. Laitteiden mitoitus ja valinta on erittäin tärkeää sillä riittämättömillä tai väärään toimintaperiaatteeseen nojaavilla laitteilla ei saada aikaan tehokasta vaikutusta ja ylimitoitettut laitteet aiheuttavat pitkällä aikavälillä huomattavia kuluja. Kappaleessa tarkastellaan hapetuslaitteiden mitoitusta ja valintaa matalissa järvissä sekä kustannuksia ja mitoituksen vaikutusta kuluihin. Hapetinlaitteen valintaan voidaan ajatella liittyvän viisi keskeistä tekijää:

- tuotto
- sivuvaikutukset
- hyötysuhde
- ylläpitokulut
- hankintahinta

Näistä tekijöistä kaksi ensimmäistä on tärkeitä tarkasteltaessa laitteiden vaikutuksia ja kohdevesistöä ja kolme viimeistä tarkasteltaessa taloudellisia seikkoja.

7.1 Matalien järvien laitevalinta ja mitoitus

Kuopiossa kaikkia hapetettavia lampia hapetetaan ympäri vuoden. Tässä työssä käsitellyt lammet kerrostuvat kesäisin ja talvisin ja niiden pohjanläheisessä vesikerroksessa on esiintynyt vähähappisuutta kerrostuneisuusaikoina. Tarkasteltaessa laitteen tuottoa täytyy tutkia lammen hapetustarvetta. Lammen hapetustarve koostuu mitoituslaskelmista joissa huomioidaan useita hapenkulutukseen liittyviä tekijöitä kuten mikrobiaktiivisuuden kohomaiskerroin, havaittu alusveden happipitoisuuden alenemisnopeus, kriittinen alusveden happipitoisuuden alenemisnopeus ja alusveden tai tarkasteltavan altaan tilavuus. Todellisen hapetustarpeen saavuttamiseksi voidaan muodostaa yhtälö (Ulvi & Laakso 2005, 162. Erkki Saarijärvi 2005):

$$HT = Ba \times \left(\frac{dO_2}{dt} - \frac{KrdO_2}{dt} \right) \times Vh$$

Jossa:

HT= todellinen hapetustarve (kg/d happea),

Ba= mikrobiaktiivisuuden kohoamiskerroin (yleensä 1,5...2- 4 siten, että kesällä alusveden lämpötilan kohotessa Ba on suurin eli 2-4 ja talvella pienin eli 1,5-2),

dO_2/dt = havaittu alusveden happipitoisuuden alenemisnopeus (mg/l d),

$KrdO_2/dt$ = kriittinen alusveden happipitoisuuden alenemisnopeus (mg/l d) ja

Vh= alusveden tai tarkasteltavan altaan tilavuus (1000 m³).

Hapensiirtoa mitoitettaessa on otettava huomioon myös laitteiden kyky siirtää happea veteen. Siirtokykyyn vaikuttavat muun muassa vesipaine ja happivajeen suuruus. Ilmasta happea ottavan laitteen siirtokyky on tyypillisesti 0,5–2 kg/kWh ja pintavettä alusveteen kierrättävillä laitteilla 5–15 kg/kWh.

Laittevalinnan osana täytyy tuntea laitteiden sivuvaikutukset. Lampien kohdalla suurin sivuvaikutus on kesällä aiheutuva kerrostuneisuuden purkautuminen ja siitä aiheutuvasta lämpötilannoususta ja veden sekoittumisesta johtuva rajua levätuotannon ja fosforipitoisuuden kasvu. Mixox-tyyppisen laitteen ongelmana pienissä järvissä on liian pieni hapellisen päällysveden määrä talvella, minkä seurauksena koko vesimassa voi muuttua hapettomaksi. Matalahkojen kerrostuvien järvien alusveden hapettaminen on mahdollista käyttäen Benrhard- Limno- ja Speece menetelmiä. Kuopiossa lammissa käytettävät laitteet ovat pääasiassa Benhardin menetelmän muunnelmia.

Mitoitettaessa matalien järvien alusveden hapetusta voidaan käyttää sovelletusti syvien järvien mitoituskkeinoja. Laitteiden suuruusluokan arvioinnissa voidaan käyttää kokemusperäisesti opittua keinoa jossa rehevän järven happipitoisuus saadaan säilymään jos lammen tilavuudesta pumpataan kierrätyspumpin läpi 0,024 kertaa järven tilavuus vuorokaudessa (Ulvi & Laakso 2005, 162–163).

7.2 Laitteiden kustannukset

Hapetustoiminnan kustannukset koostuvat pääasiassa toiminnan perustamisesta, laitteen hankintakuluista ja energia ja ylläpitokuluista. Toiminnan perustamisesta on Kuopiossa kokemuksen perusteella laitteiden perustamisesta koituvat kustannukset ovat luokkaa 3 000– 4 000€ (Kuopion kaupunki 2007). Toiminnan perustamiseen kuuluu sähkökeskuksen ja lammen keskelle johtavan sähkökaapelin asentaminen ja niihin liittyvät työt. Pitkäaikaisessa tai suuressa kohteessa toteutettavassa hapetuksessa on otettava erityisesti huomioon laitteen hyötysuhde ja hapetustehokkuus. Näiden näkökulmien tarkastelu varmistaa että kilowattitunnilla järven veteen siirretty happimäärä on mahdollisimman korkea.

Normaalisti ilmanpuhallukseen perustuvien hapettimien yksikkökustannukset ovat 0,1–0,4 €/happikilo ja kierrätyspumppeissa 0,05–0,2 €/happikilo. Kokemusperäisesti toiminnan hinnaksi voidaan arvioida pinta-alaan suhteutetuksi vuosikuluksi noin 40–200 €/ha. Kustannukset ovat korkeammat pienillä lammissa. (Ulvi & Laakso 2005, 163). Laitteiden hankintahintoina voidaan pitää laitetypistä riippuen 1 000–5 000 €/kW (Saarijärvi 2005). Täytyy muistaa että nämä hinnat ovat vain arvioita ja kokonaisuus voi vaihdella huomattavasti riippuen yksittäisistä seikoista projektin tarpeista.

7.3 Laitteiden vaikutukset lampien vedenlaatuun

Kokonaisuudessaan lampien vedenlaatu on kehittynyt parempaan suuntaan. Ilman aktiivisia toimia, lampien rehevöityminen ja umpeen kasvaminen jatkuisivat. Toimenpiteillä, joita on tehty vedenlaadun kehityksen muuttamiseksi, on saavutettu hyviä tuloksia kaikissa kohteena olevissa lammissa.

Kuten vedenlaatukuvaajista voi päätellä ovat kunnostettavien lampien fosforipitoisuudet tasaantuneet ja useimmissa tapauksissa laskeneet viimeisen 5 vuoden aikana huomattavasti 80- ja 90-lukujen tilanteisiin nähden. Kivilampi, Leväsenlampi, Petosenlampi, Pitkälampi ja Sammakkolampi ovat osoittaneet selvää kehitystä fosfori- ja happipitoisuuksien suhteen. Täytyy muistaa että nämä kaksi tekijää eivät kerro kovin laajaa kuvaa lampien vedenlaadusta. Kokonaisvaltaisempaan tarkasteluun vaaditaan huomattavasti laajempaa datamäärää, jota on käsitelty Kuopion kaupungin pienvesien hoito- ja kunnostussuunnitelmassa. Kaikkien näiden lampien vedenlaadun todetaan parantuneen kunnostustoimien seurauksena (Kuopion kaupunki 2007).

8 JOHTOPÄÄTÖKSET

Voidaan sanoa että Kuopion kaupungin alueella toteutettavat hapetusprojektit toimivat pääsääntöisesti hyvin. Suurimmalla osalla kunnostettavista kohteista kehitys on ollut positiivista. Laitteiden toiminta vastaa melko pitkälti odotettua ja laitteiden ongelmat ovat pääsääntöisesti hallinnassa. Mekaaninen kuluminen ja sähkömoottorien rajallinen käyttöikä ovat asioita, joihin voidaan vaikuttaa oikealla huollolla mutta, joita ei voida kuitenkaan kokonaan ehkäistä. Laitteiden jäätymisongelmat ovat ongelma, joka aiheuttaa paljon vaivaa. Jäätyneen laitteen huoltaminen kuluttaa paljon työtunteja ja niiden ehkäisyssä olisi järkevää tehdä kehitystyötä.

Työn tavoitteena oli selvittää Kuopion keskeisellä kaupunkialueella toimivien hapetinlaitteiden toimintaa ja tutustua mahdollisiin ongelmiin. Ongelmia laitteiden toiminnasta löytyi, joskin monet niistä olivat sellaisia että ne ovat ratkaistavissa. On todennäköistä että jäätymisongelmien ja kulumisesta johtuvien ongelmien ratkaisu tulee toteutumaan laitevalmistajien kehittäessä laitteitaan. Osa ongelmista on mahdollista ratkaista myös käyttäjien toimesta. Waterix-hapettimen ilmastusaltaan pressurimeytyminen pois paikaltaan on kuitenkin seikka, jonka ratkaiseminen on kenties mahdollista laitteen käyttäjän omilla toimilla. Työn lopputuloksena saatiin myös kattava yleiskatsaus hapetettavien lampien tilaan ja hapetinlaitteiden toimintaan. Pienvesien kunnostus on Kuopion kaupungin organisaatiossakin suhteellisen harvojen ihmisten vastuulla ja tiedon kerääminen ja suullisen tiedon tallentaminen ovat erinomainen menetelmä varmistaa tiedon välittymistä ja säilymistä.

Hapetusprojektien hyvän toiminnan takana on huolellinen suunnittelu. Kaupungin pienvesityöryhmä käyttää paljon aikaa lampien tilan selvittämiseen ja niiden tulevaisuuden suunnitteluun. Lampien tilaa tarkkaillaan huolella ja kunnostussuunnitelmaa päivitetään säännöllisesti. Hapetuslaitteiden huolto, oikea mitoitus ja tehokas käyttö johtavat pitkäjänteisesti toteutettuna positiivisiin lopputuloksiin ja viimeaikoina kehitettyjen hapetinlaitteiden kehitysaskleet ovat olleet hyvin vakuuttavia. Kuopion pienvedet ovat kaupungin ominaispiirre ja niiden kunto on onnistuttu pitämään pääsääntöisesti tyydyttävällä tasolla huolimatta kaupungin nopeasta kehitymisestä ja kasvusta.

LÄHTEET

- Granberg K. & Granberg J. 2006. Yksinkertaiset vedenlaatumallit. Jyväskylä: Keski-Suomen ympäristökeskus ja Suomen ympäristökeskus
- Hapetuslaitteiden mitoitus ja kustannukset 2005. [verkkodokumentti] Vesi Eko Oy. Saatavissa: http://www.vesieko.fi/fi/ohjeet-ja-julkaisut/doc_download/2-hapetuksen-mitoitus-ja-kustannukset
- Kuopion kaupunki 2007. Kuopion kaupungin pienvesien hoito- ja kunnostussuunnitelma. Kuopio: Kuopion kaupunki.
- Lukkari K. 2012. Sedimenttinäyte [digikuva]. Helsingin yliopiston www-sivu [viitattu 9.4.2013] Saatavissa: http://www.helsinki.fi/elintarvike-ja-ymparisto/puheenvuoro/hh_19032012.html
- Mixox- laitteiden toimintaperiaatteet [verkkodokumentti] Vesi Eko Oy [viitattu 29.4.2013]. Saatavissa: http://www.vesieko.fi/fi/ohjeet-ja-julkaisut/doc_download/11-mixox-hapettimen-toimintaperiaate
- Palanne P. 2010. Sedimenttinäyte [digikuva]. Uudenmaan ELY-keskuksen www-sivu [viitattu 9.4.2013]. Saatavissa: http://www.elykeskus.fi/fi/tiedotepalvelu/2010/Sivut/Uudenmaanrannikkovesienpohjassaonvaltavara_vinnevarasto.aspx
- Palomäki A. 2001. Sisäinen kuormitus Lappajärven fosforitaseessa. Alueelliset Ympäristöjulkaisut 213. Vaasa: Länsi-Suomen ympäristökeskus.
- Pekkarinen E. 4.4.2013. [Haastattelu]. Kuopio, Valtuusto Virastotalo.
- Sarvilinna A. & Sammalkorpi I. 2010. Rehevoityneen järven kunnostus ja hoito, Ympäristöopas. Helsinki: Suomen ympäristökeskus
- Sassi J. & Keto A. 2005. Järvien Kunnostusmenetelmät, hapetuslaitteiden laboratorio ja kenttäko-
keet. VTT tiedotteita 2307. Espoo: VTT
- Seppänen P. 1973. Järvien kunnostuksen limnologiset perusteet ja toteutusmahdollisuudet. Vesihallituksen julkaisuja 3. Helsinki: Vesihallitus.
- Suomen Ympäristökeskuksen www-sivut [viitattu 6.5.2013]. Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=398>
- Ulvi T. & Laakso E. 2005. Järvien kunnostus, ympäristöopas 114. Helsinki: Suomen ympäristökeskus.
- Vesi Eko Oy 2005. Kuopion Petosenlammen tila ja kuormitus. Julkaisematon.
- Visiox-ilmastimien tuotetiedot 2007. [verkkodokumentti] Vesi Eko Oy. [viitattu 26.3.2013]. Saatavissa: http://www.vesieko.fi/fi/ohjeet-ja-julkaisut/doc_download/1-visiox-ilmastuksen-tekninen-kuvaus
- W-Rix Oy:n www-sivut. [viitattu 11.4.2013]. Saatavissa: <http://www.waterix.fi/pages/etusivu/tuotteet/airit-ilmastimet.php>